

INSTITUT FÜR BAUSTOFFKUNDE UND STAHLBETONBAU  
DER TECHNISCHEN UNIVERSITÄT BRAUNSCHWEIG  
DIREKTOREN: PROF. DR.-ING. K. KORDINA – PROF. DR.-ING. G. REHM

S c h l u ß b e r i c h t

zum Forschungsauftrag Nr. 11.401 des BMV vom 15.1.1969 –  
Az.: StB 9/3 – I e – 5294 T 68

"Untersuchung der Kriech- und Schwindverformungen an der  
Leichtspannbeton-Brücke Gittelde II".

B I B L I O T H E K  
Institut für Baustoffkunde und Brandschutz  
der Technischen Universität Braunschweig  
Beethovenstraße 52  
D-3300 Braunschweig

vorgelegt von

Prof. Dr.-Ing. Karl Kordina  
und Dipl.-Ing. Olaf Hjorth

Braunschweig, im Juli 1973

Postsendungen:  
32 Braunschweig, Beethovenstraße 52  
Erfüllungsort und Gerichtsstand Braunschweig

Fernsprecher: (0531) 391 2281

Fernschreiber: 952 698 lbt/b d

Zur Vermeidung von Verzögerungen wird dringend gebeten, Zuschriften nur an das Institut zu richten, nicht aber  
an einzelne Mitarbeiter.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorbemerkung	1
1. Aufgabenstellung	2
2. Betongüte, Bauwerksabmessungen und Konstruktion	2
3. Meßeinrichtung und Meßgenauigkeit	3
4. Einfluß der Temperatur	4
5. Einfluß der Luftfeuchtigkeit	6
6. Auswertung der Langzeitmessungen	6
6.1 Längenänderungen	6
6.2 Durchbiegungs- und Setzungsmessungen	9
7. Zusammenfassung	11
Literaturverzeichnis	II
Anlagenverzeichnis	III
Anhang A	A 1 - 4
Anhang B	B 1 - 33

Untersuchung der Kriech- und Schwindverformungen an der  
Leichtspannbeton-Brücke Gittelde II

Vorbemerkung

Im Jahre 1967 waren im Zuge der Neubaustrecke der Bundesstraße 243 am Südwestrand des Harzes mehrere Kreuzungsbauwerke zu erstellen, von denen die Brücke "Gi 2" über eine Kreisstraße bei Gittelde wegen Gründungsschwierigkeiten nicht in der zunächst vorgesehenen Schwerbetonbauweise ausgeführt werden konnte. Man entschied sich daher für eine Überbaukonstruktion aus vorgespanntem Leichtbeton (vergl. [1]).

Für den vorgesehenen Blähschiefer-Leichtbeton (Zuschlag "Norlit" der Firma Nordcement AG., Hoiersdorf bei Helmstedt) sollten im Institut für Baustoffkunde der Technischen Universität Braunschweig kurzfristig die für die statische Berechnung notwendigen Materialkennwerte durch Laborversuche ermittelt werden. Genauere Aussagen über das zu erwartende Langzeit-Verhalten (Kriech- und Schwindmaß) konnten aufgrund der erst 3 Monate vor Baubeginn begonnenen Labormessungen nicht rechtzeitig gemacht werden. Jedoch zeigte das Verformungsverhalten der Versuchskörper in den folgenden 3 Jahren (vergl. [2]), daß die für die Berechnung getroffenen Annahmen

$$\mathcal{S}_{\infty} = 2,7 \cdot k \quad \text{und} \\ \mathcal{E}_{S\infty} = 0,6 \cdot k \cdot 25 \cdot 10^{-5}$$

mit  $k = 1,0$  auf der sicheren Seite lagen. (vgl. Anlagen 1 und 2).

Ungewiß waren ferner die im Gebrauchszustand auftretenden Durchbiegungen und Längenänderungen des vorgespannten Überbaues. In der Brücke wurden deshalb Meßeinrichtungen eingebaut (vgl. Abschnitt 3) an denen in der Folgezeit - über mehrere Jahre hinweg - das Verformungsverhalten beobachtet werden konnte.

Über die Ergebnisse der Langzeitmessungen wird im folgenden berichtet.

## 1. Aufgabenstellung

Die anhand von Versuchskörpern im Laborklima ermittelten Kriech- und Schwindeigenschaften gestatten im vorliegenden Falle - ganz abgesehen von der etwas veränderten Betonzusammensetzung - keine sichere Prognose für das Langzeitverhalten des Bauwerks, nicht nur wegen der unterschiedlichen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse, sondern auch wegen der Form- und Größenunterschiede zwischen den unbewehrten Laborproben und dem bewehrten und damit kriech- und schwindbehinderten Bauwerk.

Es sollten daher die tatsächlichen zeitabhängigen Verformungen über die gesamte Überbaulänge ermittelt und gleichzeitig Kriech- und Schwindanteile getrennt erfaßt werden. Außerdem sollten unabhängig von den Längsverformungen die vertikalen Durchbiegungen des Überbaues und die Setzungen der Unterbauten über längere Zeit kontrolliert werden. Die zur Verfügung stehenden Mittel waren allerdings begrenzt, so daß nur vergleichsweise einfache Baustellenmessungen durchgeführt werden konnten.

## 2. Betongüte, Bauwerksabmessungen und Konstruktion

Die Betonzusammensetzung und die Festigkeitswerte des Brückenbetons sind Anlage 1 zu entnehmen. Demnach betrugen die Mittelwerte der Güte- und Erhärtungsprüfungen nach 7 Tagen  $\beta_{w7} = 429 \text{ kp/cm}^2$  und nach 28 Tagen  $\beta_{w28} = 470 \text{ kp/cm}^2$ .

Die Lage und die Abmessungen des Bauwerks sind aus Anlage 3 zu ersehen. Zu den Unterbauten ist zu bemerken, daß die Fundamente nachträglich umspundet und die Zwischenräume zwischen Fundament- und Spundwandprofil mit bewehrtem Beton ausgefüllt wurden. Dadurch sollten die Grundbruchgefahr beseitigt und das Setzmaß verringert werden.

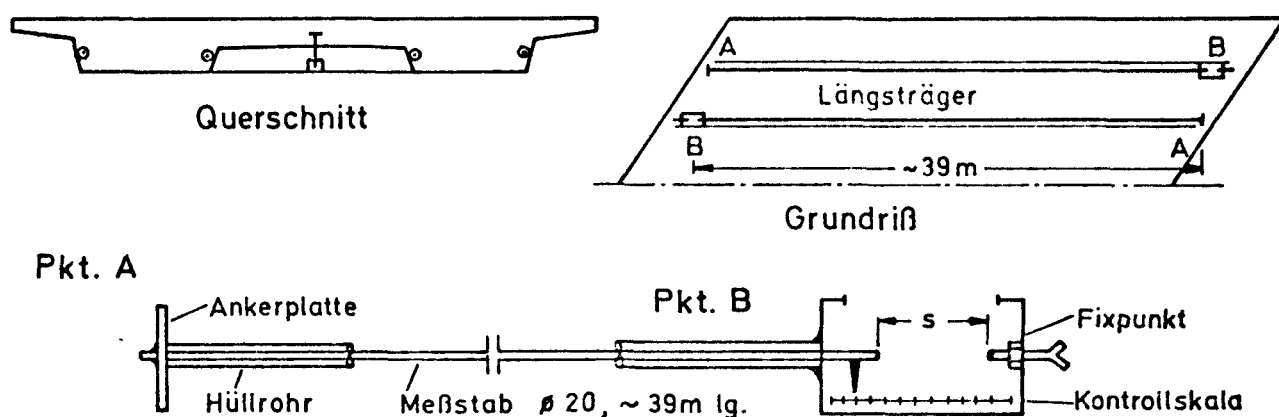
Der Leichtbetonüberbau ist in Längs- und Querrichtung vorgespannt. Die Längsvorspannung von rd.  $30 \text{ kp/cm}^2$  wurde je zur Hälfte nach 7 bzw. 14 Tagen aufgebracht. Die Lage der Spannglieder ist in Anlage 4 dargestellt. Der Anteil der schlaffen Bewehrung in Längsrichtung beträgt rd. 0,5 % des Längsträgerquerschnitts.

### 3. Meßeinrichtung und Meßgenauigkeit

Die Meßeinrichtungen für die Längenänderungen sind in den Anlagen 5 und 6 dargestellt und wurden bereits in Lit. 1 beschrieben.

Als Meßstäbe wurden vor dem Betonieren durch Hüllrohre geschützte Rundstähle  $\varnothing 20$  mm, ca. 39 m lang, von einem Brückenende zum anderen verlegt. (1. Skizze).

Das Meßstabende A wurde dabei fest im Beton verankert, während das freie Ende bei B in einen von außen zugänglichen und verschließbaren stählernen Meßkasten mündete, in welchem die Strecke  $s$



zwischen Meßstabende und einem Fixpunkt (Stahlbolzen) gemessen werden konnte. Insgesamt wurden 4 dieser Meßstäbe, je einer an jeder Hauptträgerseite in mittlerer Höhe der Stege, mit etwa 10 cm Betondeckung eingebaut. (s. Anlage 5).

Die über die Meßstrecke  $s$  gemessenen relativen Längenänderungen zwischen Überbau und Meßstab stellen, abgesehen von Temperatureinwirkungen und der anfänglichen elastischen Verkürzung infolge Vorspannung, die Gesamt-Längenänderungen infolge Kriechen und Schwinden dar. Um den Einfluß des Schwindens des massigen Bauwerks-Betons annähernd erfassen zu können, wurden in der Mitte der Endquerträger vertikale Meßstäbe von 0,75 m Länge zur Ermittlung

des Schwindmaßes angeordnet, deren Einbettung, Verankerung und Meßvorrichtung denen der Längsmeßstäbe entspricht (s. Anlage 6). Die Meßstrecke dieser vertikalen Meßstäbe wurde durch Lastspannungen praktisch nicht beeinflußt.

Für die Messung der Durchbiegungen und Fundamentsetzungen wurden übliche Nivellierbolzen jeweils in Feldmitte und über den Stützen des Überbaues sowie an verschiedenen Punkten der Unterbauten angebracht. Ihre Anordnung zeigt Anlage 7.

Bei den ersten, täglich durchgeführten Messungen der Längenänderung wurde die Meßstrecke ( $s \approx 10$  cm) mittels fest montierter 1/100-mm-Meßuhren gemessen, die jedoch für längeren Verbleib in den Meßkästen des Bauwerks nicht geeignet waren. Deshalb wurde für die späteren vierteljährlichen Langzeitmessungen eine Mikrometerschraube verwendet, die jeweils in alle Meßstrecken eingepaßt werden konnte und ebenfalls Ablesungen bis auf 1/100 mm gestattete. Mit diesen Instrumenten konnten - bei der Meßstablänge von ca. 40 m - demnach Dehnungen des Überbaues von weniger als 0,001 % erfaßt werden. Bei beiden Meßmethoden war zusätzlich eine Grobkontrolle an einer Meßskala (im Meßkasten aufgeklebtes Metallmeßband unter einem am Meßstab befestigten Zeiger) mit 0,5 mm-Teilung ( $\hat{=} 0,01$  %) möglich.

Die reinen Schwindmessungen an den 0,75 m langen Vertikalstäben mit einer Meßstrecke von ebenfalls 100 mm wurden mit einem 1/1000-Setzdehnungsmesser, Bauart Pfender, durchgeführt, so daß - bezogen auf die im Vergleich zu den Längsmessungen wesentlich kürzere Meßstablänge - der reine Schwindanteil fast mit der gleichen Genauigkeit erfaßt werden konnte.

#### 4. Einfluß der Temperatur

Beim Bau der Brücke mußte auf den Einbau von Temperaturmeßgeräten im Innern des Überbauquerschnitts und an den Meßstäben wegen der geringen zur Verfügung stehenden Mittel verzichtet werden, da sich in einem Beobachtungszeitraum von mehreren Jahren der Einfluß der jahreszeitlichen Temperaturschwankungen auf die Längenänderungen

zumindest theoretisch durch Ausgleichen der gemessenen Extremwerte eliminieren und damit eine stetige Dehnungskurve auftragen läßt, die die Tendenz und die Größenordnung der Kriech- und Schwindverformungen mit ausreichender Genauigkeit wiedergibt.

Praktisch war bei den vierteljährlich durchgeführten Ablesungen jedoch nicht zu erwarten, daß bei allen Ablesungen der gleichen Jahreszeit (z.B. bei allen Winter-Ablesungen) jeweils die gleichen Temperaturbedingungen herrschten. Deshalb wurde der Temperatureinfluß unmittelbar für jede Messung eliminiert, indem aufgrund der gemessenen Luft- und Meßkasten-Temperaturen die Materialtemperaturen sowohl des Betonquerschnitts als auch des Stahl-Meßstabes abgeschätzt und mit Hilfe der Wärmeausdehnungskoeffizienten für Stahl und Leichtbeton (s.u.) die temperaturbedingten Dehnungsanteile gesondert ermittelt wurden. Diese Anteile wurden dann von der gemessenen Längenänderung abgezogen, wie in den Tabellen 1 - 4 (Anlage 9) jeweils aus den Spalten 3 - 5, 16 - 19 und 26 - 29 zu ersehen ist. Daß wirklichkeitsnahe Schätzwerte der Materialtemperaturen auch ohne Kenntnis der gesamten Temperaturkurve des Meßtages, d.h. allein mit Hilfe der gemessenen Lufttemperatur, angebar sind, wurde anhand einiger Ganztagsmeßreihen mit etwa stündlichen Ablesungen überprüft, wobei auch der mögliche Schwankungsbereich der Ablesungen im Laufe eines Tages festgestellt und mit den bei den vorhandenen  $\alpha_t$  - Werten rechnerisch zu erwartenden Ablesungsunterschieden verglichen wurde. Aus der Aufzeichnung einer solchen Ganztagsmeßreihe geht außerdem hervor (s. Anlage 8), daß am späten Vormittag die geringste Abweichung der Meßwerte vom täglichen Mittelwert zu erwarten ist.

Der Wärmeausdehnungskoeffizient des Leichtbetons wurde an ähnlich zusammengesetzten Laborprüfkörpern mit Norlit-Zuschlag zu

$$\alpha_{t \text{ LB}} = 0,76 \cdot 10^{-5}$$

festgestellt, (s. Anhang, Teil A). Dieser Wert stimmt mit anderen, aus der Literatur bekannten Meßergebnissen an unbewehrtem Leichtbeton gut überein.

Der Einfluß der Bewehrung beträgt (mit  $\alpha_{t \text{ St}} = 1,2 \cdot 10^{-5}$ ,

$\frac{E_{\text{St}}}{E_{\text{LB}}} \approx 10$  und  $\mu_{\text{ges}}^{e+z} = 1 \%$ ) näherungsweise

$$\Delta \alpha_{t \text{ LB}} = (\alpha_{t \text{ St}} - \alpha_{t \text{ LB}}) \cdot \frac{E_{\text{St}}}{E_{\text{LB}}} \cdot \frac{F_e + F_z}{F_{\text{LB}}} \approx 0,04.$$

Damit kann der Temperaturkoeffizient des bewehrten Leichtbetons zu

$$\alpha_{t \text{ LB}}^* = (0,76 + 0,04) \cdot 10^{-5} = 0,80 \cdot 10^{-5}$$

angegeben werden.

## 5. Einfluß der Luftfeuchtigkeit

Neben den Temperaturmessungen wurde bei fast allen Ablesungen auch die relative Luftfeuchte festgestellt. Mit Sicherheit wird auch der Wechsel der Feuchte die Dehnungen etwas beeinflußt haben. Da jedoch im vorliegenden Fall im Betonalter von 2 Monaten ein Kunststoffanstrich (Indurin) aufgebracht wurde, kann im Gegensatz zu früheren Vermutungen (vgl. Lit. [5], [7]) angenommen werden, daß die regelmäßig wiederkehrenden Dehnungsschwankungen (Verkürzung in den Sommermonaten und Verlängerung der Meßstrecken in der kalten Jahreszeit, s. Anlage 10) ihre dominierende Ursache in den Temperaturschwankungen haben und die Feuchtigkeitsänderungen hier nur einen untergeordneten Einfluß ausüben.

## 6. Auswertung der Langzeitmessungen

### 6.1 Längenänderungen

Die Zusammenstellung und tabellarische Auswertung der Meßwerte zeigen die Tabellen 1 - 4 der Anlage 9.

Über die gemessenen elastischen Verformungen bei den beiden Vorspannstufen läßt sich auch die Größe und die Änderung des E-Moduls des Brückenüberbaues ermitteln.



Vergleicht man die Zeilen 4 und 5 der Tabelle 1 (Anlage 9), so erhält man infolge der 1. Teilvorspannung von  $\sigma_{v1} = 15 \text{ kp/cm}^2$  einen Dehnungszuwachs von

$$\varepsilon_1 = 0,052 - (-0,016) = 0,068 \text{ ‰}.$$

Daraus errechnet sich der E-Modul des bewehrten Überbaues (beim Betonalter von 7 Tagen) zu:

$$E_7 = \frac{15}{0,068 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{220000 \text{ kp/cm}^2}}.$$

Der Vergleich der Zeilen 15 und 17 (2. Vorspannstufe  $\sigma_{v2} = 16 \text{ kp/cm}^2$ ) liefert für den 14 Tage alten Beton einen E-Modul von

$$E_{14} = \frac{16}{(0,106 - 0,043) \cdot 10^{-3}} = \frac{16}{0,063 \cdot 10^{-3}} = 254000 \text{ kp/cm}^2$$

Zur Berechnung des E-Moduls  $E_7$  ist zu bemerken, daß die Stauchung noch durch das Lehrgerüst etwas behindert war. Vergleicht man die Zeile 4 mit der Zeile 6 (nach Absenkung des Lehrgerüstes einen Tag später), so ergibt sich eine Gesamtstauchung von

$$\max \varepsilon_1 = 0,059 - (-0,016) = 0,075 \text{ ‰ bzw.}$$

einen E-Modul von

$$\min E_8 = 200000 \text{ kp/cm}^2.$$

In diesem Wert sind jedoch mit Sicherheit auch nichtelastische Verformungsanteile enthalten, so daß der wahre E-Modul nach 7 bzw. 8 Tagen etwa zu  $\underline{\underline{E \approx 210000 \text{ kp/cm}^2}}$  angenommen werden kann.

Verglichen mit den für den unbewehrten Laborbeton gemessenen E-Moduli von rd.  $180000 \text{ kp/cm}^2$  nach 7 Tagen liegen diese Werte höher, was aber aufgrund der rd. 25 %-igen Mehrfestigkeit des Brückenbetons auch zu erwarten war.

Der ermittelte Dehnungsverlauf  $\varepsilon = f(t)$  ist im Diagramm Anlage 10 aufgetragen. Dabei stellen die strichlierten Kurvenzüge die gemessenen Meßstreckenveränderungen einschließlich der temperaturbedingten Dehnungsanteile dar, während die ausgezogenen Kurvenzüge näherungsweise die temperaturunabhängigen Längenänderungen darstellen.

Zieht man von der (oberen) Kurve der Gesamtverformungen die elastische Anfangsverformung und die (untere) "Schwindkurve" ab, so erhält man die in Anlage 11 dargestellte reine Kriechkurve.

Bei der Ermittlung der Schwindverformungen ist zu berücksichtigen, daß die Endquerträger, in deren Mitte die Schwindmeßstäbe in vertikaler Richtung eingebaut wurden, ebenfalls vorgespannt wurden. Die gemessene Vergrößerung der Meßstrecke kann deshalb zu einem nicht genau abzuschätzenden Teil durch ein geringes "Querkriechen" mitverursacht sein. Weitergehende Untersuchungen des Querkriechverhaltens von Leichtbeton konnten jedoch im Rahmen dieser Bauwerksmessungen nicht durchgeführt werden.

Abschließend kann bezüglich der Längenänderungen folgendes festgestellt werden:

1. Das Quellmaß des Leichtbetons einschließlich Querkriechen infolge  $20 \text{ kp/cm}^2$  Druckspannung im Endquerträger lag bei

$$\varepsilon(s + q_K)_\infty = 0,15 \text{ ‰} ,$$

während in der Statik mit einer Schwindverkürzung von  $\varepsilon_{s\infty} = -0,15 \text{ ‰}$  gerechnet wurde.

2. Die gemessene, zeitabhängige Gesamtverformung nach Aufbringen der Längsvorspannung ist annähernd gleich Null. Quellverformungen wurden durch das Kriechen kompensiert. Das reine Endkriechmaß liegt vermutlich in der Größenordnung von  $\varepsilon_K = 0,10 - 0,15 \text{ ‰}$ , was bei  $\varepsilon_{e1} = 0,138 \text{ ‰}$  einer Kriechzahl von  $\varphi_\infty \approx 1,0$  entspricht. Der statischen Berechnung war der wesentlich höhere (ungünstigere) Wert  $\varphi_\infty = 2,7$  zugrundegelegt worden. Die bezogene Kriechverformung  $\bar{\varepsilon}_K$  ist

$$(\text{bei } \sigma_y \approx 30 \text{ kp/cm}^2) \text{ mit } \bar{\varepsilon}_{K\infty} = \frac{-0,12 \cdot 10^{-3}}{30} = -4 \cdot \frac{10^{-6}}{\text{kp/cm}^2}$$

etwa nur halb so groß wie die bei  $\sigma_{\varphi} = 110,5 \text{ kp/cm}^2$  im Labor festgestellte. (vgl. Anlage 2:  $\bar{\varepsilon}_{K\infty} = - 7,7 \cdot \frac{10^{-6}}{\text{kp/cm}^2}$  ) .

Dies könnte zu dem Schluß führen, daß bei Leichtbeton der Bereich des überproportionalen Kriechens schon bei geringeren kriecherzeugenden Spannungen einsetzt als bei Schwerbeton gleicher Festigkeit.

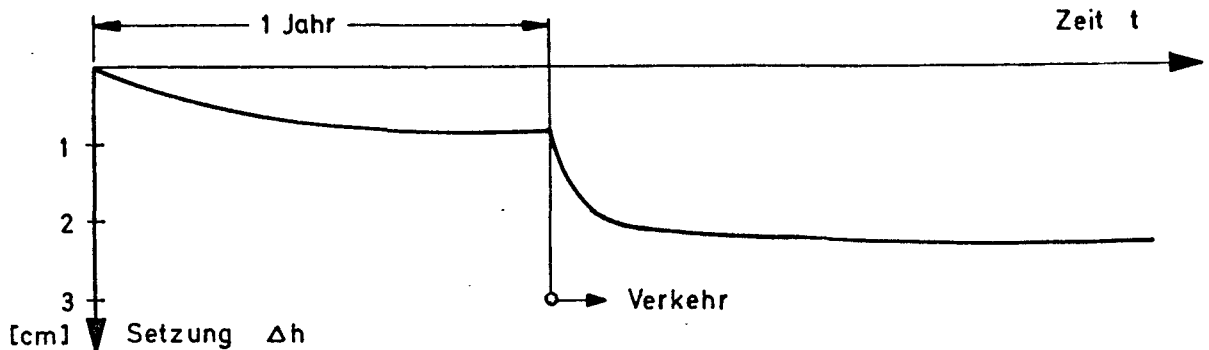
## 6.2 Durchbiegungs- und Setzungsmessungen

Außer den Dehnungsmessungen wurden auch die vertikalen Bauwerksverschiebungen kontrolliert. Die vom Straßenbauamt Bad Gandersheim zusammengestellten Nivellements und die graphische Darstellung der Verschiebungen der einzelnen Meßpunkte sind im Anhang B beigelegt.

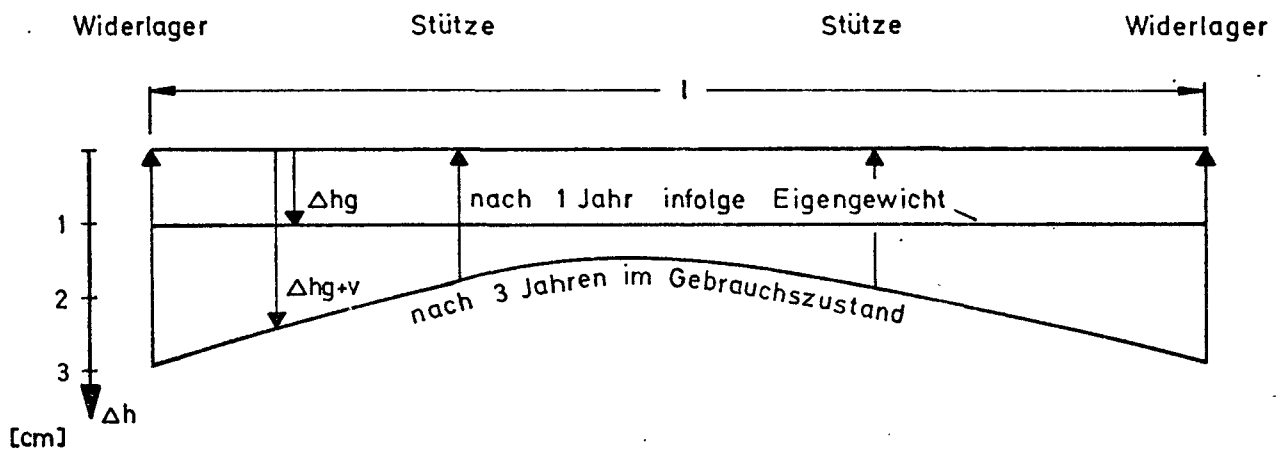
Die Höhennivellements lassen folgendes erkennen:

1. Unter dem Einfluß des Überbaugewichtes haben sich die Unterbauten zunächst nahezu gleichmäßig um ca. 1 cm gesetzt. (s. Anlage 12)
2. Durchsenkungen der Überbaufelder relativ zu den Auflagerpunkten infolge ständiger Last konnten nicht festgestellt werden.
3. Im Laufe der Zeit hat sich lediglich das Mittelfeld des Überbaus gegenüber seiner Anfangslage geringfügig nach oben gewölbt (ca. 0,5 cm), da sich die Fundamente der Widerlager unter der Einwirkung des Verkehrs stärker (ca. 2 - 3 cm) gesetzt haben als die der Mittelstützen (ca. 1 - 2 cm). Die größeren Setzungen der Widerlager konnten an den Meßbolzen auf den Fundamenten nicht festgestellt werden, was jedoch wahrscheinlich auf eine leichte Verkantung der Widerlager zurückzuführen ist (nur die Vorderkanten der Widerlager waren mit Meßbolzen ausgestattet).

Die charakteristische Zunahme der Setzungen der einzelnen Meßpunkte ist folgende (vgl. Diagramme, Anhang B) :



Die Höhenänderungen der Meßbolzen auf der Fahrbahnplatte nahmen auf der gesamten Brückenlänge etwa in folgender Weise zu (vgl. Anlage 12 und 13):



Die Brücke lag entsprechend der Linienführung im Längsschnitt in einer flachen "Wanne" mit einem Halbmesser von  $H = 12000$  m und einem Sehnstichmaß von  $f \approx 2$  cm. Nach der ungleichmäßigen Setzung der Unterbauten und der relativen Aufwölbung des Überbaues um ca. 1,5 cm liegt demnach noch immer keine wirkliche Aufwölbung vor, sondern die Wanne wurde lediglich etwas gestreckt. Ein Einfluß der Höhenänderungen auf die Dehnungen in Längsrichtung kann bei der vorhandenen Größenordnung der Meßwerte nicht nachgewiesen werden.

Die Vertikalbewegungen (Setzungen) kamen nach 4 Jahren Beobachtungszeit nahezu zum Stillstand.

## 7. Zusammenfassung

Im Jahre 1967 wurde bei Gittelde/Harz die erste deutsche Leichtspannbeton-Bundesstraßenbrücke in LB 450 erbaut. Das Langzeit-Verformungsverhalten dieser Brücke wurde 4 Jahre hindurch beobachtet.

Die Auswertung der Verformungsmessungen in Brückenlängsrichtung zeigt, daß nach einer dem Leichtbeton-Elastizitätsmodul entsprechenden Anfangs-Verkürzung beim Vorspannen in der Folgezeit keine weiteren Längenänderungen, infolge Kriechen und Schwinden zusammengekommen, auftraten. Jahreszeitliche Schwankungen der Meßstreckenlängen von  $\pm 0,1 \text{ ‰} = \pm 4 \text{ mm}$  konnten auf die unterschiedliche Ausdehnung des Brückenbetons und des Stahlmeßstabes bei Temperaturschwankungen zurückgeführt werden.

Die Messung des reinen Schwindens gelang nicht ganz eindeutig. Zwar zeigten die in vertikaler Richtung im Endquerträger angeordneten Schwindmeßstellen ein Quellen von rd.  $0,15 \text{ ‰}$ , jedoch kann diese Dehnung auch zu einem geringen, nicht genau erfassbaren Teil durch das Querkriechen des vorgespannten Endquerträgers hervorgerufen worden sein.

Da die gesamte zeitabhängige Längs-Verformung gleich Null ist, kann gefolgert werden, daß die Quelldehnung durch eine Kriechverkürzung von größenordnungsmäßig  $0,10 - 0,15 \text{ ‰}$  (d.h.  $\mathcal{F}_{\infty} \approx 1,0$ ) voll kompensiert wurde.

Die Setzungen des Baugrundes sind angesichts seiner schlechten Beschaffenheit als gering zu bezeichnen. Durch die etwas größere Nachgiebigkeit der Widerlager im Gegensatz zu den Mittelstützen erhielt der Überbau eine geringe Aufwölbung von ca.  $1,5 \text{ cm}$  im Mittelfeld. Die Dehnungen in Brücken-Längsrichtung wurden durch die geringfügigen Höhenveränderungen nicht beeinflusst.

Es kann festgestellt werden, daß die in der statischen Berechnung berücksichtigten rechnerischen Werte sowohl der Kriech- und Schwindverformungen als auch der Stützensenkungen nicht in dem erwarteten Maße aufgetreten sind, also auf der "vorsichtigen Seite" liegen.

Ein nachträgliches Anstreichen des Überbaues (wie hier nach 2 Monaten aus optischen Gründen geschehen) kann die Übertragbarkeit der Meßergebnisse auf andere, i.d.R. nicht gestrichene Brückenbauwerke in Frage stellen. Wenn auch Vorzeichen und Tendenz der zeitabhängigen Verformungen durch den Anstrich nicht verändert worden sein dürften, so ist doch eine Verminderung der Kriech- und Schwindmaße infolge der Behinderung der Wasserabgabe - je nach Zeitpunkt und Art des Anstriches - wahrscheinlich. (vgl. Lit. [8] )

Die bei der Durchführung und Auswertung der Meßergebnisse gewonnenen Erfahrungen, insbesondere hinsichtlich der Elimination des Temperatureinflusses und der einwandfreien Trennung der einzelnen Verformungsanteile, verdeutlichen die Notwendigkeit, bei zukünftigen Bauwerks-Messungen Lage und Art der Meßvorrichtungen besonders sorgfältig zu planen und geeignete Meßgeräte zur Ermittlung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse vorzusehen. Bei eingebauten Meßstäben sollte wegen der Gefahr der Reibungszunahme durch Rost die Beweglichkeit der Meßstäbe im Hüllrohr kontrollierbar sein. Auch sollte bei kurzen Meßstäben die Wandstärke des Hüllrohres nicht zu groß gewählt werden, um eine Verfälschung der Formänderungsmessung infolge der größeren Dehnsteifigkeit im unmittelbaren Meßbereich zu vermeiden.

Ferner sollte man der erforderlichen Zahl, Form und Größe sowie der Bauwerksgetreuen Herstellung der Nebenversuchskörper zur Bestimmung der Materialeigenschaften (Festigkeit, Kriechmaß, Schwindmaß, Wärmeausdehnung, Wasseraufnahmefähigkeit, Querkriechmaß, u.a.) größere Beachtung schenken und nach Möglichkeit dazu übergehen, einen Teil der Nebenversuchskörper in Bauwerksnähe unter den gleichen klimatischen Bedingungen zu lagern (vgl. auch Lit. [6]).

Literaturverzeichnis

- [1] Dimel, E. u. Laparose, H.: Erste Bundesstraßenbrücke in Leichtspannbeton LB 450  
Beton- und Stahlbetonbau 63 (1968), Heft 7
- [2] Kordina, K. und Hjorth, O.: Untersuchung des Kriech- und Schwindverhaltens von  
Blähschiefer-Leichtbeton mit und ohne Zusatz von  
EFA-Füller.  
Mitteilung des Instituts für Baustoffkunde und Stahl-  
betonbau, Braunschweig 1971.
- [3] Kuhn, R.: Temperatur und Dehnungsmessungen an einem Wehrpfeiler.  
Beton- und Stahlbetonbau 47 (1952), Heft 9.
- [4] Rüsch, H., Kordina, K. und Hilsdorf, H.: Der Einfluß des mineralogischen Charakters der Zu-  
schläge auf das Kriechen von Beton.  
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (1962), Heft 146.
- [5] Finsterwalder, U.: Ergebnisse der Durchbiegungsmessungen an der Spann-  
beton-Rheinbrücke in Worms.  
Beton- und Stahlbetonbau 1954, Heft 11.
- [6] Havemann, K.: Dehnungsmessungen an der Spannbetonbrücke über den  
Zollkanal in Hamburg-Wilhelmsburg.  
Beton- und Stahlbetonbau 1954, Heft 7 u. 8.
- [7] Finsterwalder, U.: Ergebnisse der Kriech- und Schwindmessungen an  
Spannbetonbauwerken  
Beton- und Stahlbetonbau 1955, Heft 5,  
Beton- und Stahlbetonbau 1958, Heft 1.
- [8] Hilsdorf, H. und Finsterwalder, K.: Untersuchungen über den Einfluß einer Nachverdichtung  
und eines Anstriches auf Festigkeit, Kriechen und  
Schwinden von Beton.  
Deutscher Ausschuß für Stahlbeton (1966), Heft 184.
- [9] Zelger, C.: Verformungsmessungen an Brücken.  
"Stahlbetonbau", Festschrift Rüsch, Verlag W. Ernst  
und Sohn, 1969.

Anlagenverzeichnis

Anlage Nr.

- 1 Sieblinien und Rezepturen von Labor- und Brückenbeton
- 2 Verformungen des Laborbetons unter Dauerlast
- 3 Lage und Abmessungen des Brückenbauwerks
- 4 Spanngliedführung im Überbau
- 5 )  
6 Meßeinrichtungen für die Dehnungen des Überbaues
- 7 Anordnung der Nivellierbolzen für die Durchbiegungs- und Setzungsmessungen
- 8 Meßstreckenveränderungen infolge der täglichen Temperaturschwankungen
- 9 Zusammenstellung und Auswertung der Brückenmessungen, Tabellen 1 - 4
- 10 Dehnungsverlauf  $\varepsilon = f(t)$  in Brückenlängsrichtung
- 11 Reiner Kriechanteil der zeitabhängigen Verformungen
- 12 Höhenveränderungen der Fundamente
- 13 Höhenveränderungen des Überbaues



## Sieblinien von Labor- und Brückenbeton

Norlit - Blähschiefer 0-15 mm

Quarzsand 0-0,2 mm

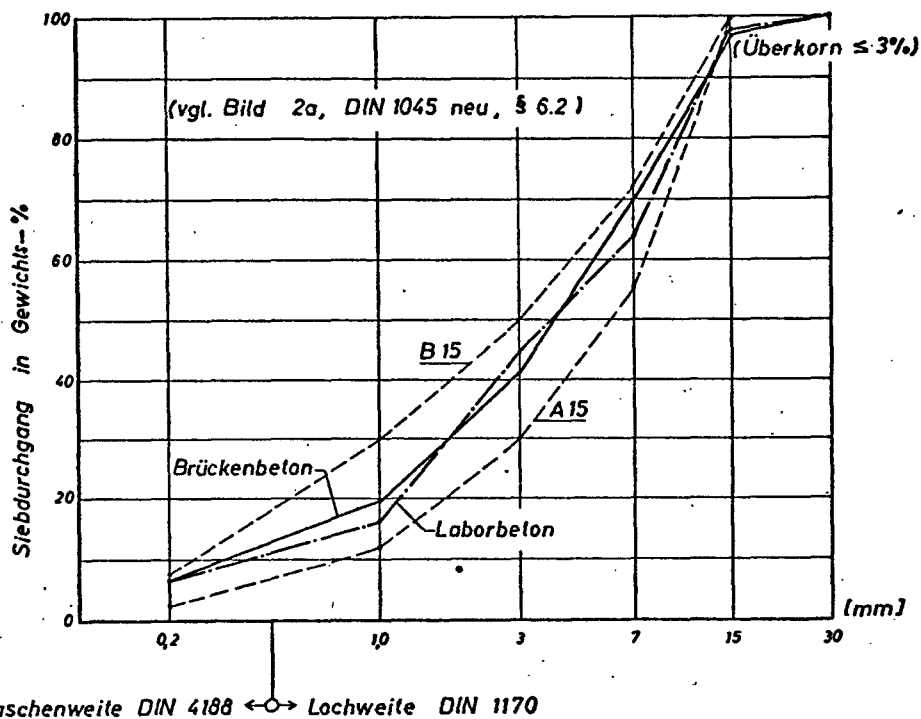
### F-Werte nach Hummel:

Sieblinie A15 :  $F = 161$

Laborbeton :  $F = 147$

Brückenbeton :  $F = 143$

Sieblinie B15 :  $F = 133$

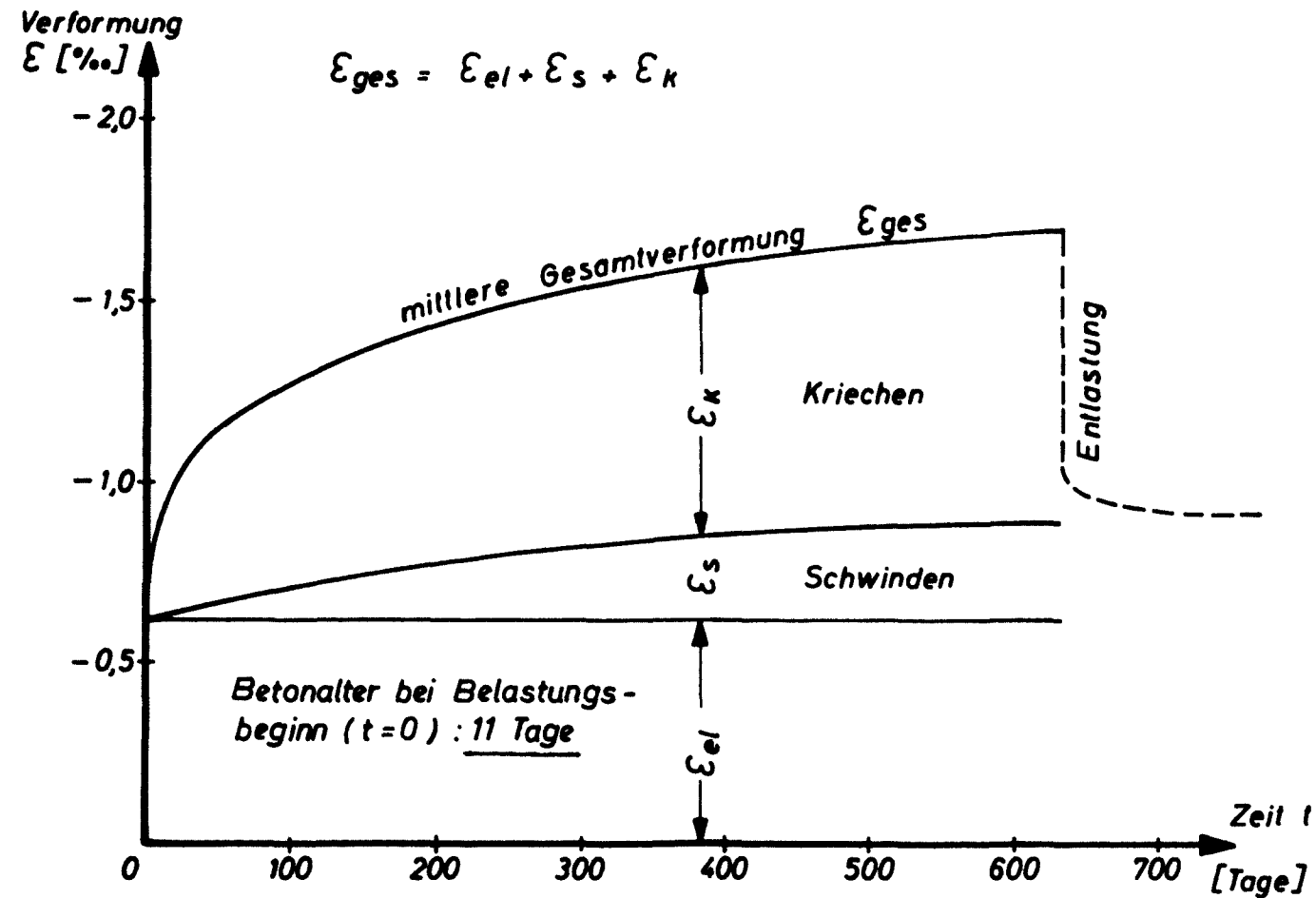


T a f e l 1: Zusammensetzung von Labor- und Brückenbeton

Anteile pro 1 m <sup>3</sup> verdichteten Betons (trockene Zuschläge)	Laborbeton		Brückenbeton	
	kg	dm <sup>3</sup>	kg	dm <sup>3</sup>
Normensand I 0/0,2	66	27	70	29
Blähschiefer 0/3	502	264	475	250
" 3/7	209	155	280	207
" 7/15	287	230	235	188
Gesamtwasser	233	233	190	190
Zement PZ 375 (Alemannia)	370	119	390	126
Cerinol BV-flüssig (0,2 %)	740 cm <sup>3</sup>		780 cm <sup>3</sup>	
W/Z-Faktor	0,63		0,49	
Verdichtungsmaß v nach Walz	1,19		1,19	
Rohwichte $\rho$	1,62 kg/dm <sup>3</sup>		1,65 kg/dm <sup>3</sup>	

T a f e l 2: Festigkeitswerte von Labor- und Brückenbeton

Festigkeitswert	Laborbeton	Brückenbeton
Würfelfestigkeit nach 8 Tagen	318 kp/cm <sup>2</sup>	429 kp/cm <sup>2</sup>
" nach 28 Tagen	368 kp/cm <sup>2</sup>	470 kp/cm <sup>2</sup>
" $\beta_{W\infty}$	ca. 470 kp/cm <sup>2</sup>	ca. 560 kp/cm <sup>2</sup>
E-Modul nach 8 Tagen	178 Mp/cm <sup>2</sup>	$\approx$ 210 Mp/cm <sup>2</sup>
" $E_{\infty}$	ca. 205 Mp/cm <sup>2</sup>	(vgl. Abschn. 6.1)

Laborversuche an Norlit - LeichtbetonVerformungen unter Dauerlast

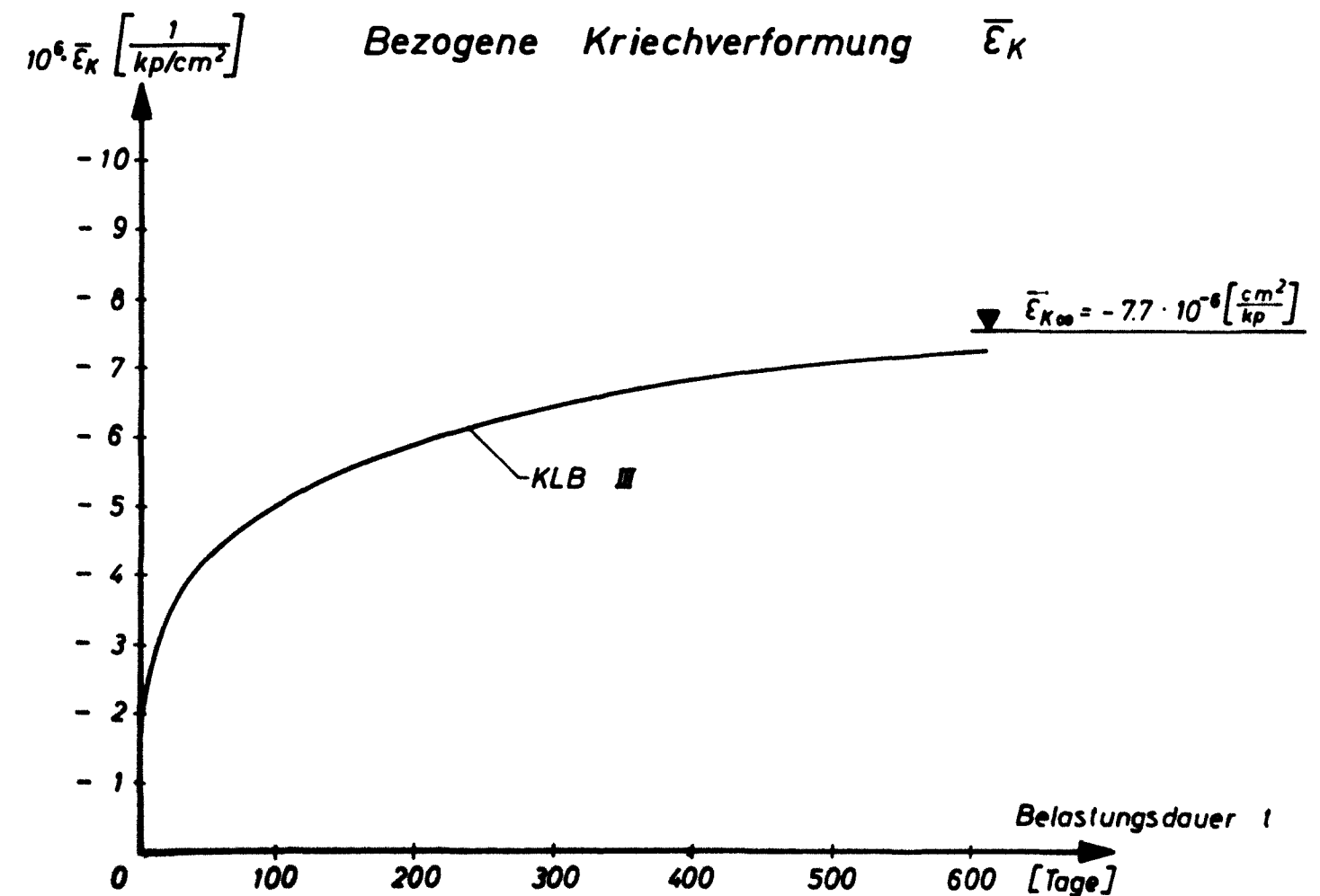
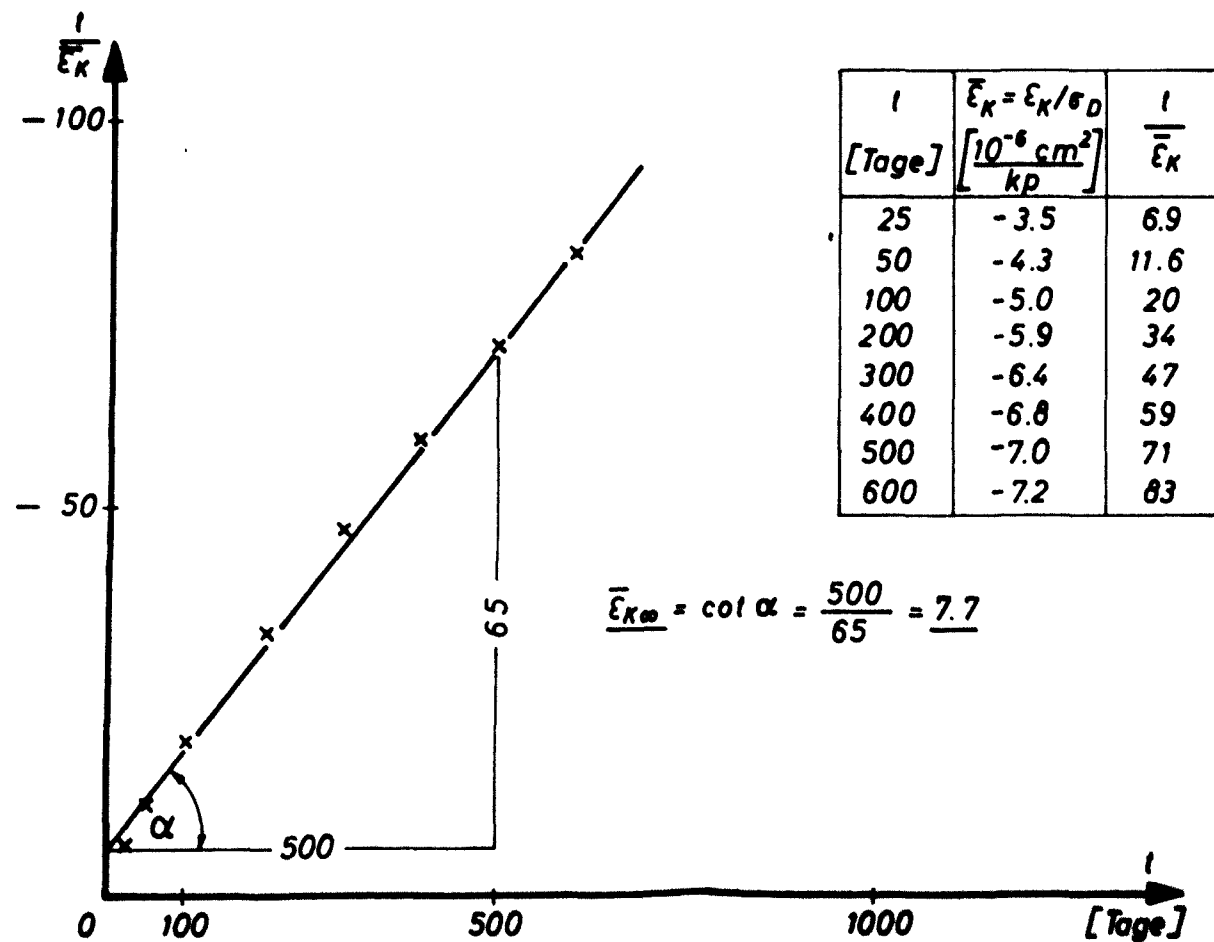
$$\sigma_D = \frac{P_D}{F_b} = \frac{1}{3} \cdot p_w = 110,5 \text{ kp/cm}^2$$

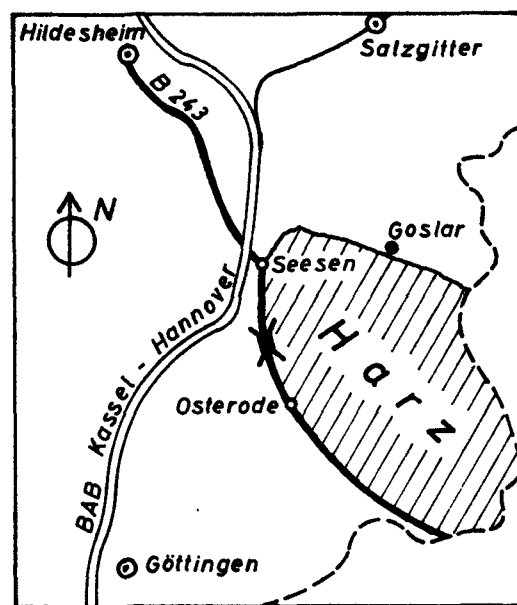
$$E = \text{Modul bei Belastung } E_{e,1} = 178 \text{ Mp/cm}^2$$

$$\varepsilon_{el} = \frac{\sigma_D}{E_{e,1}} = -0,620 \text{ ‰}$$

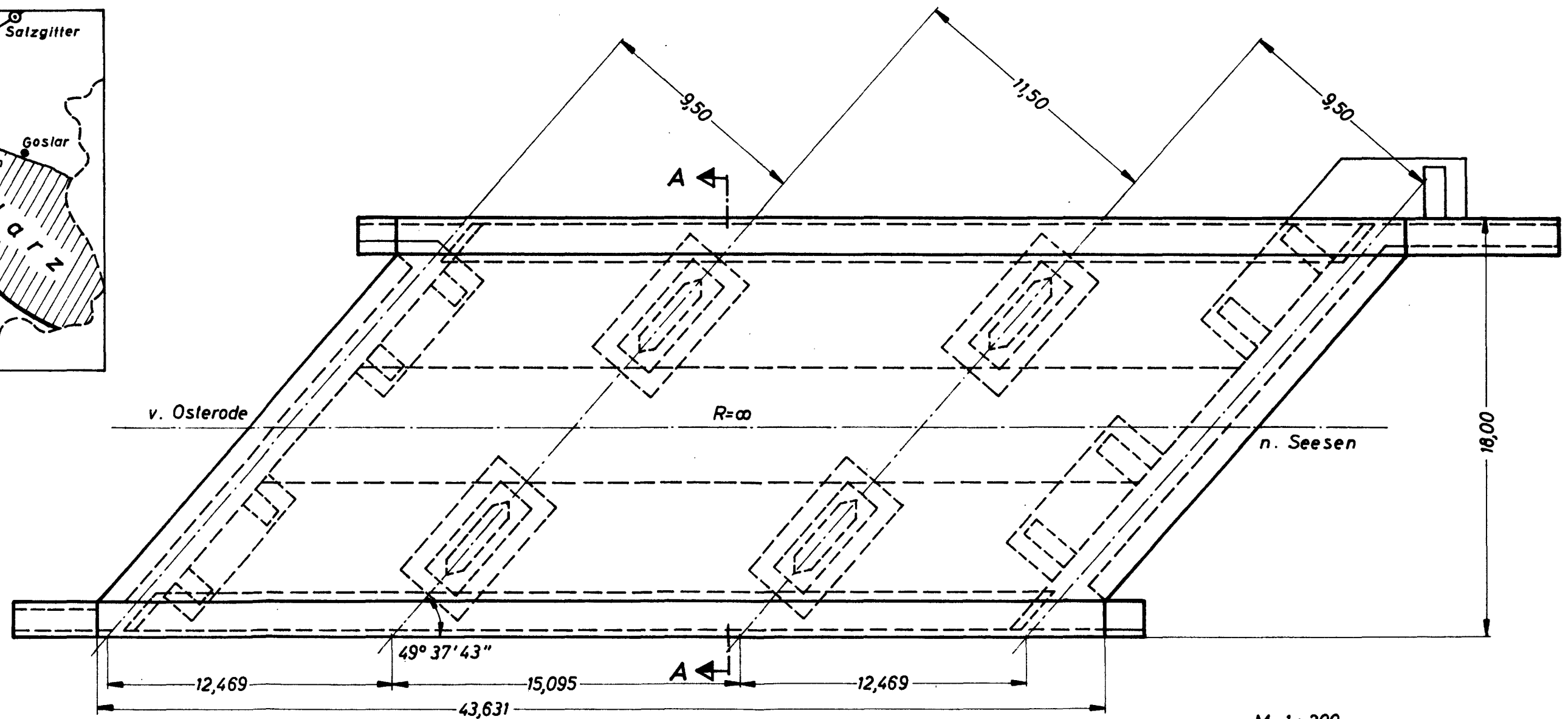
$$\varepsilon_{K\infty} = \bar{\varepsilon}_{K\infty} \cdot \sigma_D = -7,7 \cdot 10^{-6} \cdot 110,5 = -0,85 \text{ ‰}; \quad \varepsilon_{s\infty} = 0,30 \text{ ‰}$$

$$\varphi_{\infty} = \frac{\varepsilon_{K\infty}}{\varepsilon_{el}} = \frac{0,85}{0,620} = 1,37$$



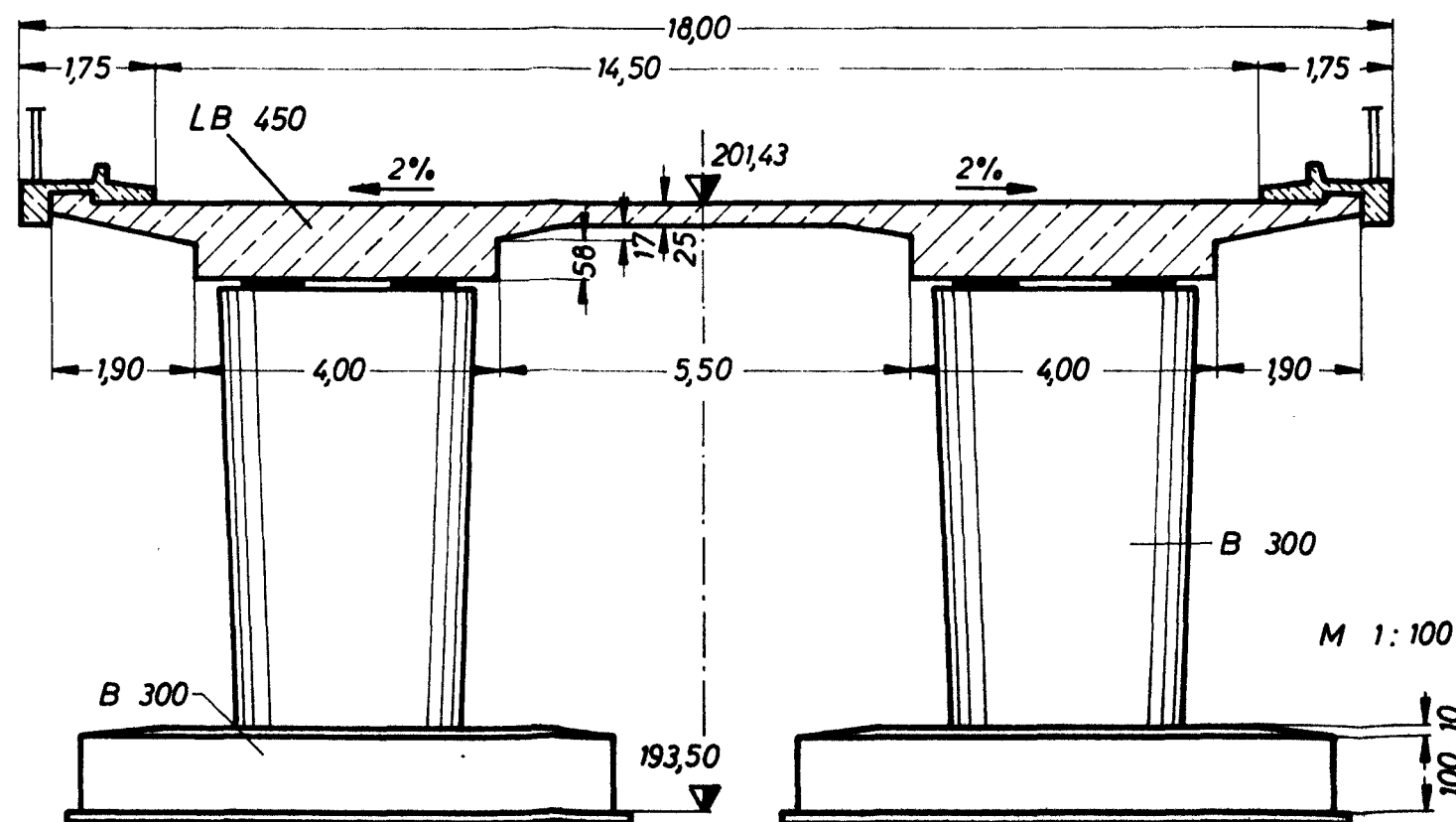


Lageplan



M 1:200

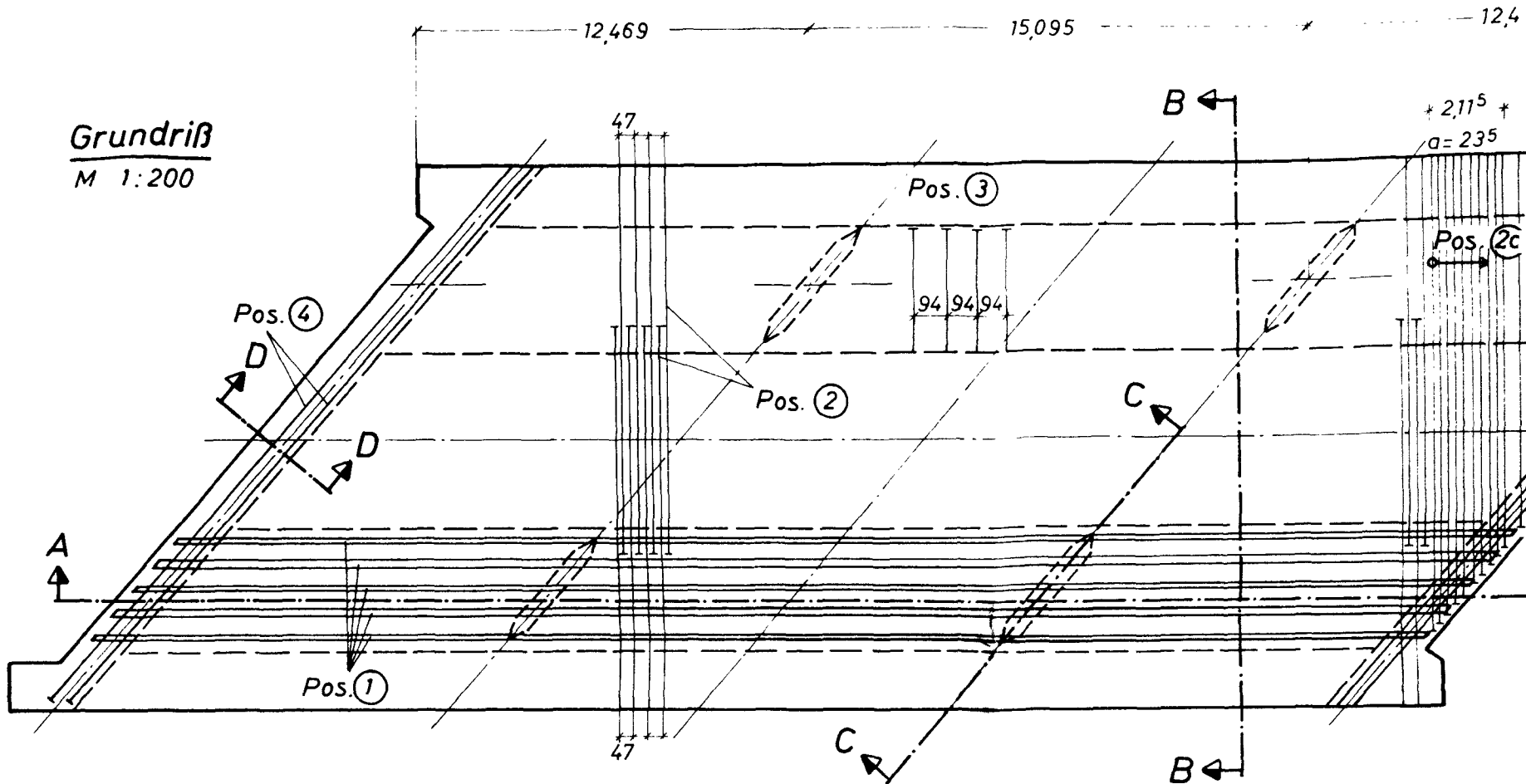
Schnitt A ÷ A



Lage und Abmessungen der  
Leichtspannbetonbrücke

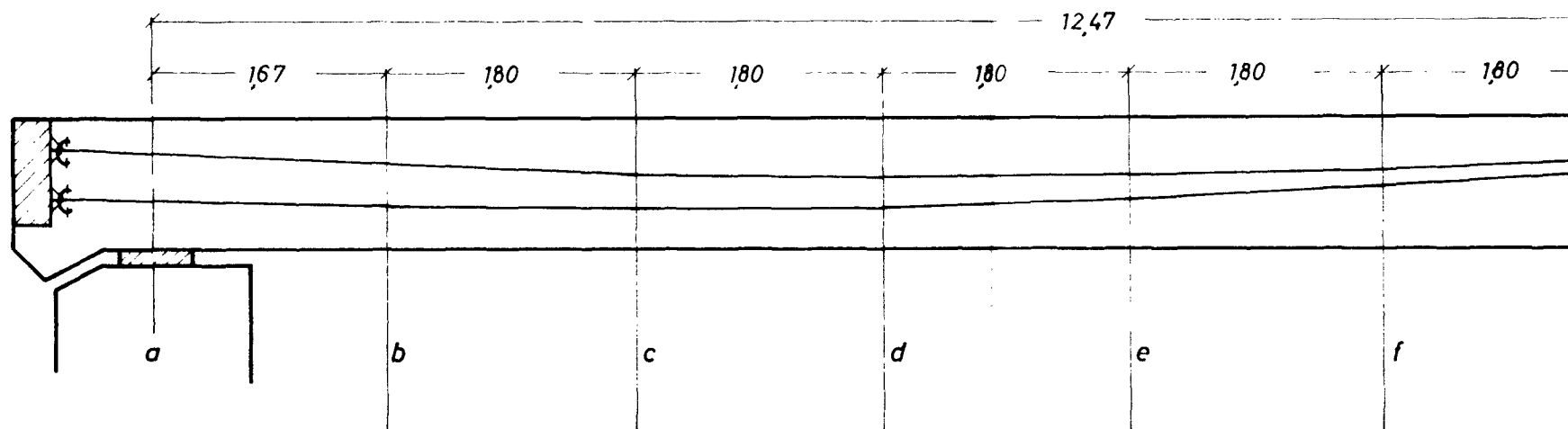
Überführung der B 243 über  
Kreisstraße Nr. 26 bei Gittelde

Anlage 3



**Schnitt A - A** (Längsvorspannung)

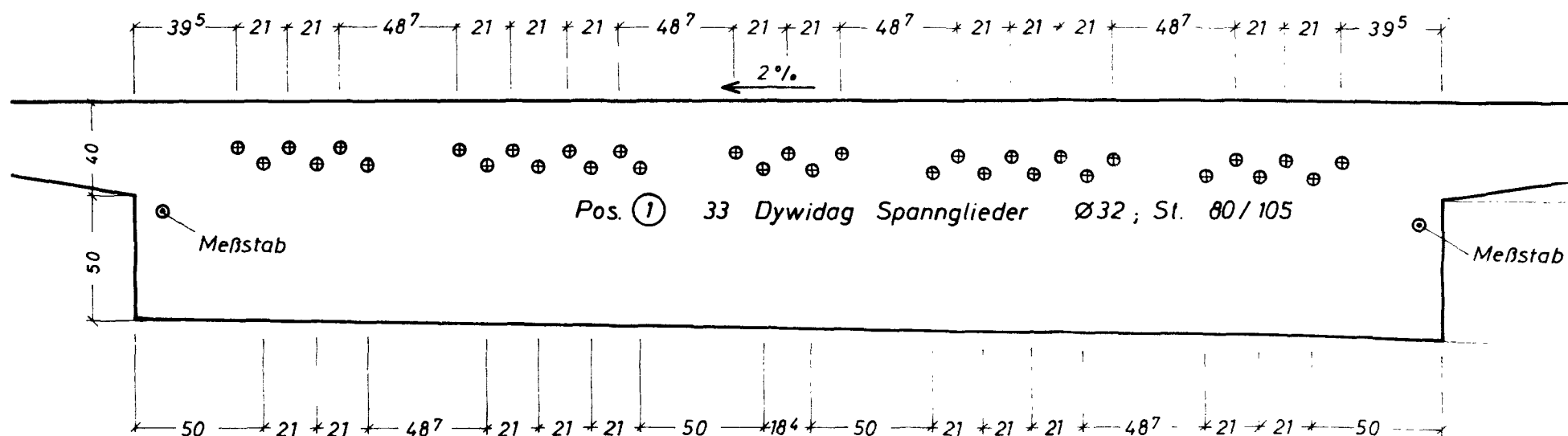
M 1:50

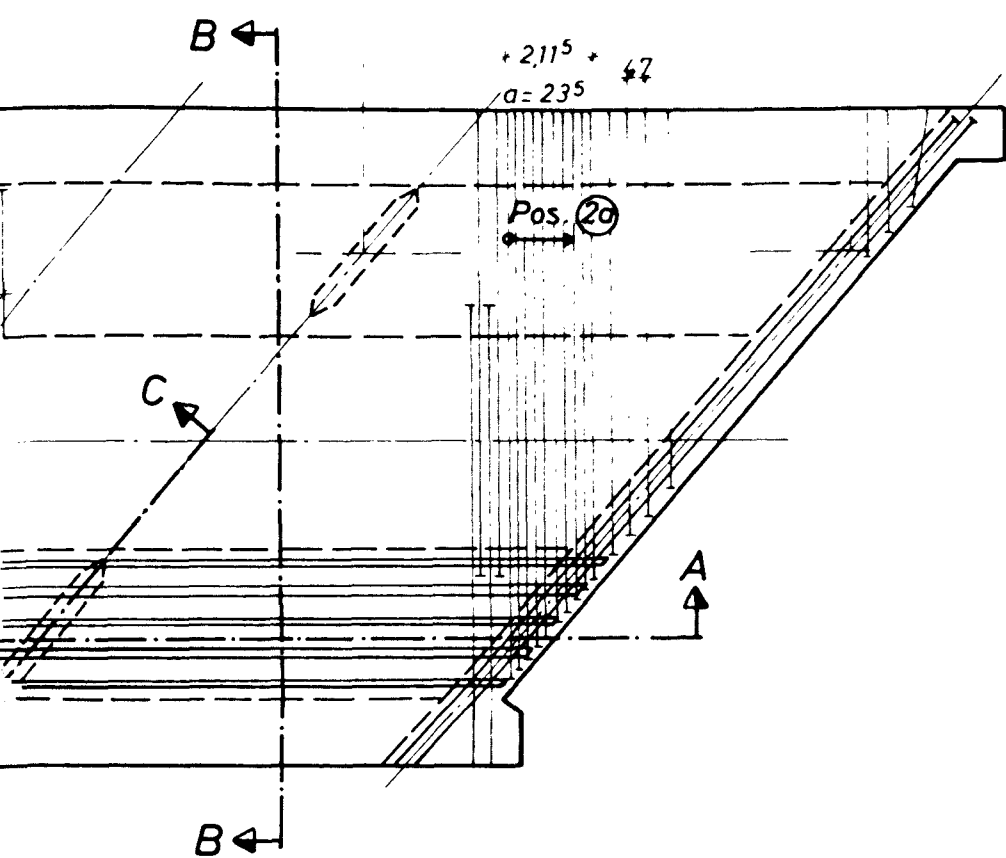


Schwerachse der Spannglieder über OK Schalung	0,531	0,465	0,422	0,415	0,449	0,512	
obere Spanngliedlage (17 Stck)	0,701	0,617	0,549	0,521	0,533	0,572	
untere " (16 Stck)	0,351	0,304	0,287	0,302	0,360	0,448	

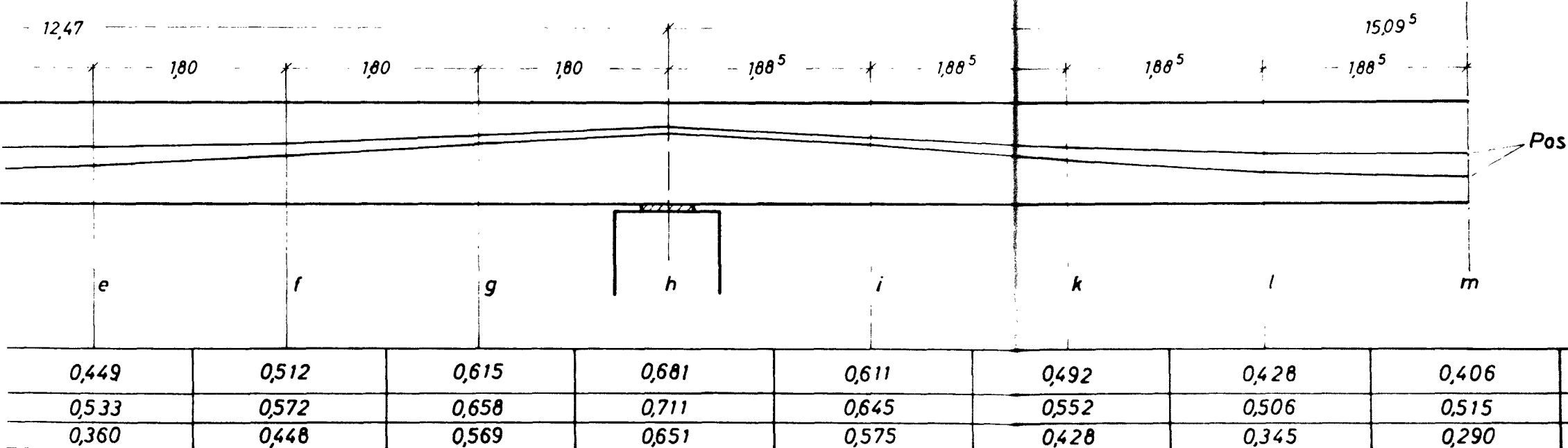
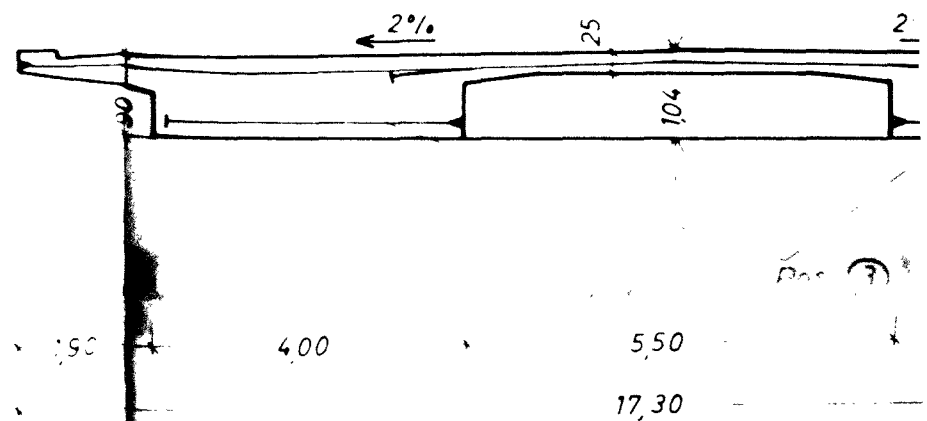
**Schnitt C - C** (Längsvorspannung)

M 1:25

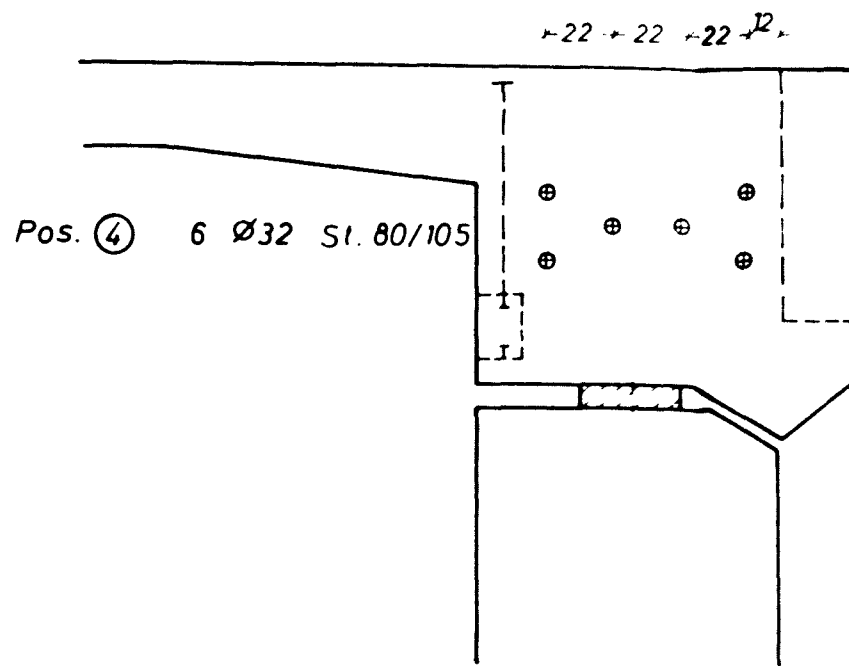
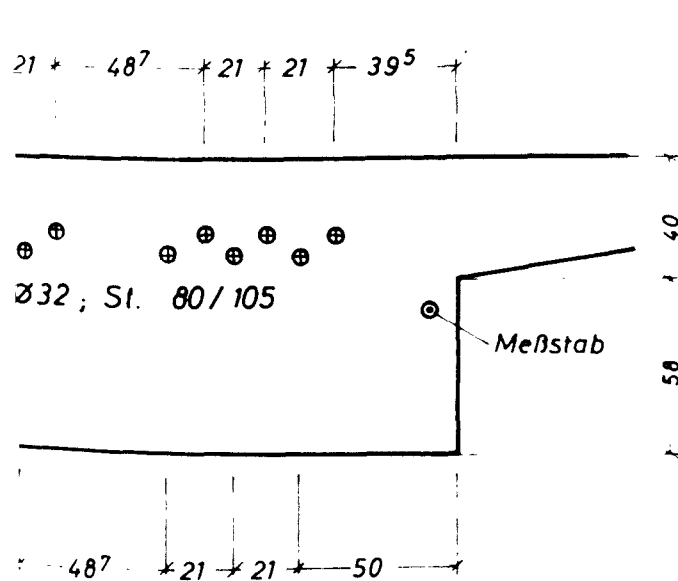




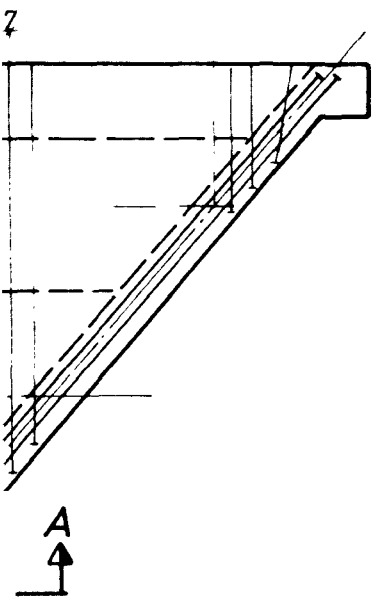
**Schnitt B - B**  
(Quervorspannung)  
M 1:100



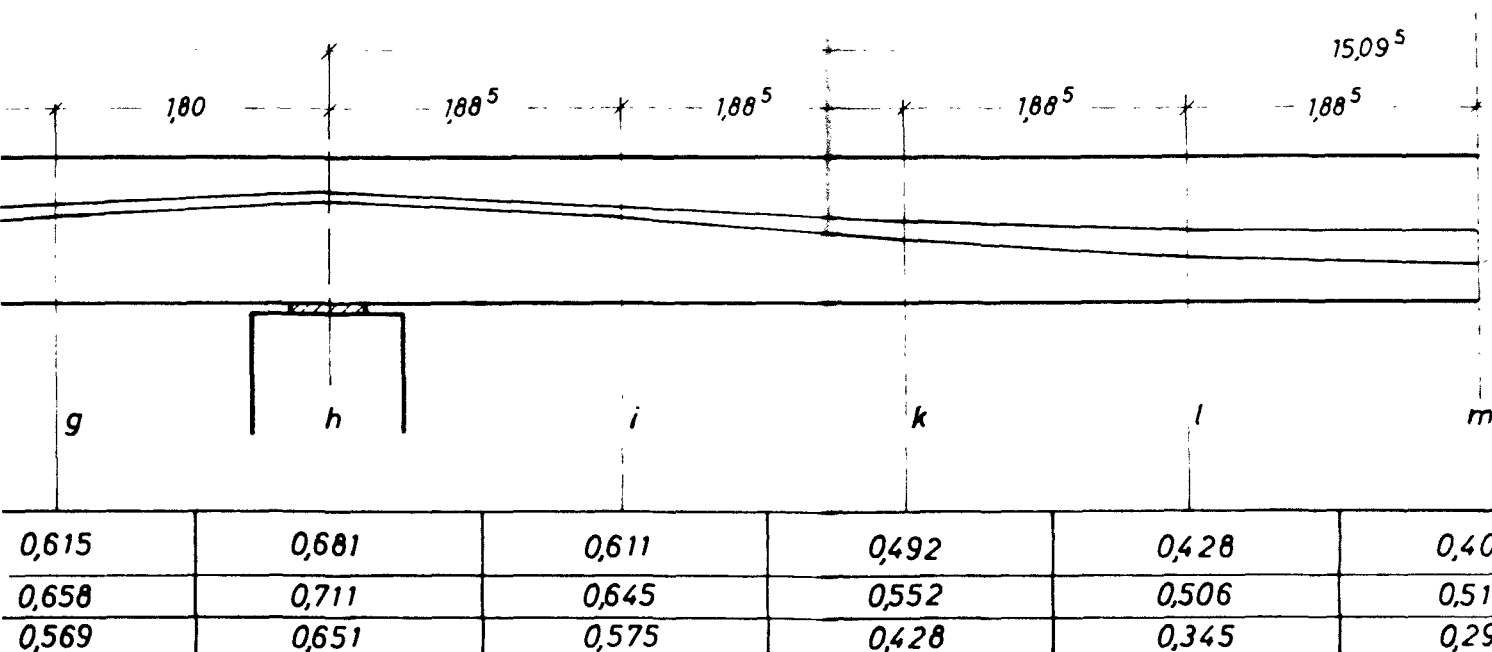
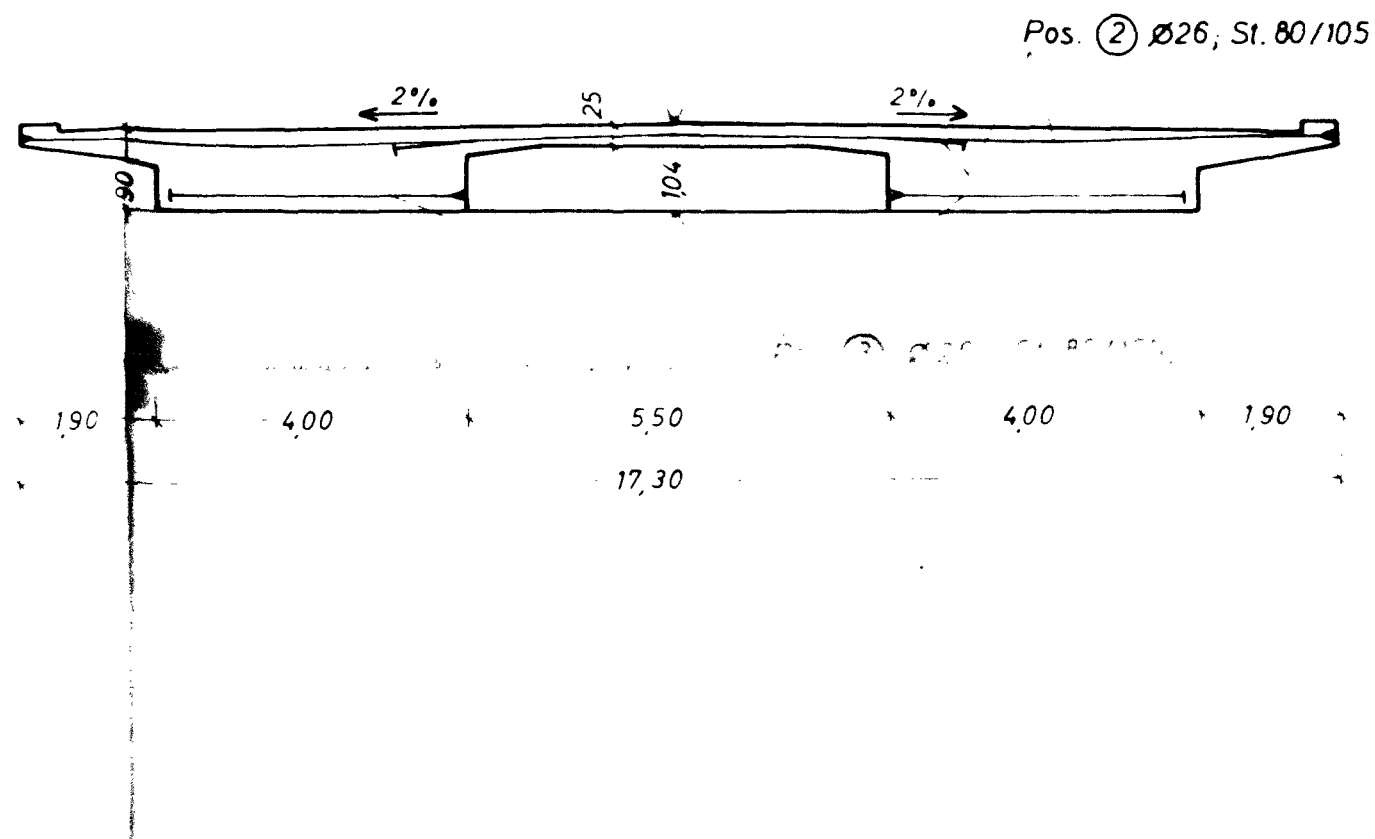
**Schnitt D - D**  
M 1:25



Spanngli  
Über

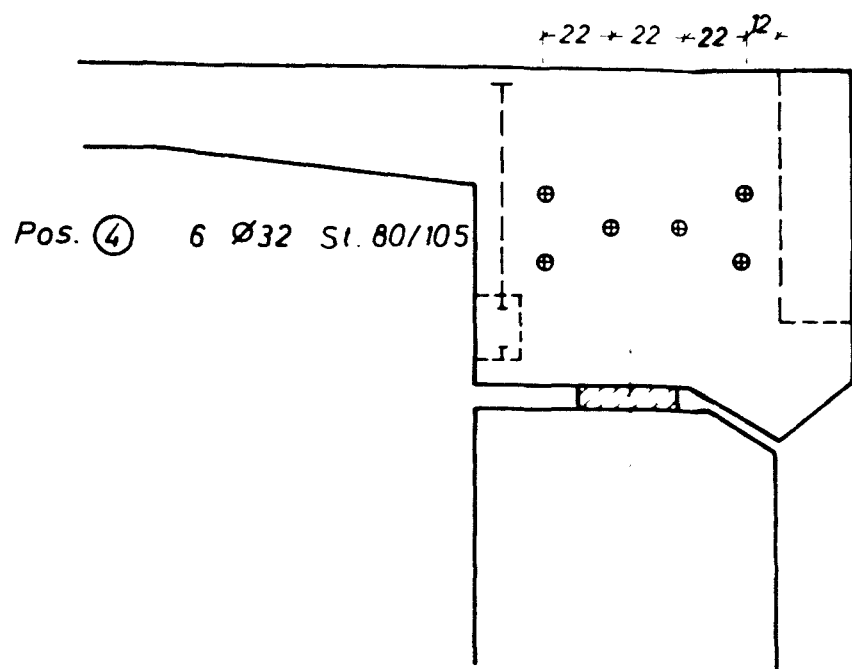


**Schnitt B - B** (Quervorspannung)  
M 1:100



Pos. ① beidseitig vorgespannt

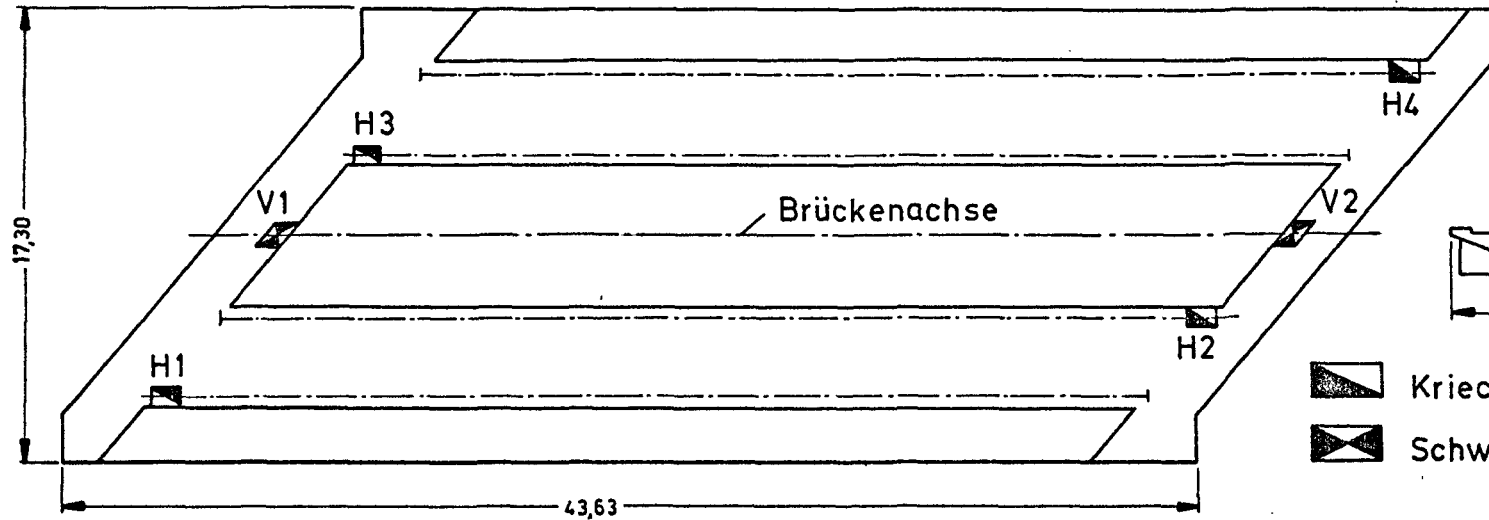
**Schnitt D - D**  
M 1:25



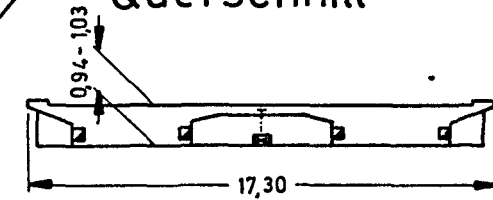
Spanngliedführung im Überbau



Anlage 4

# Untersicht

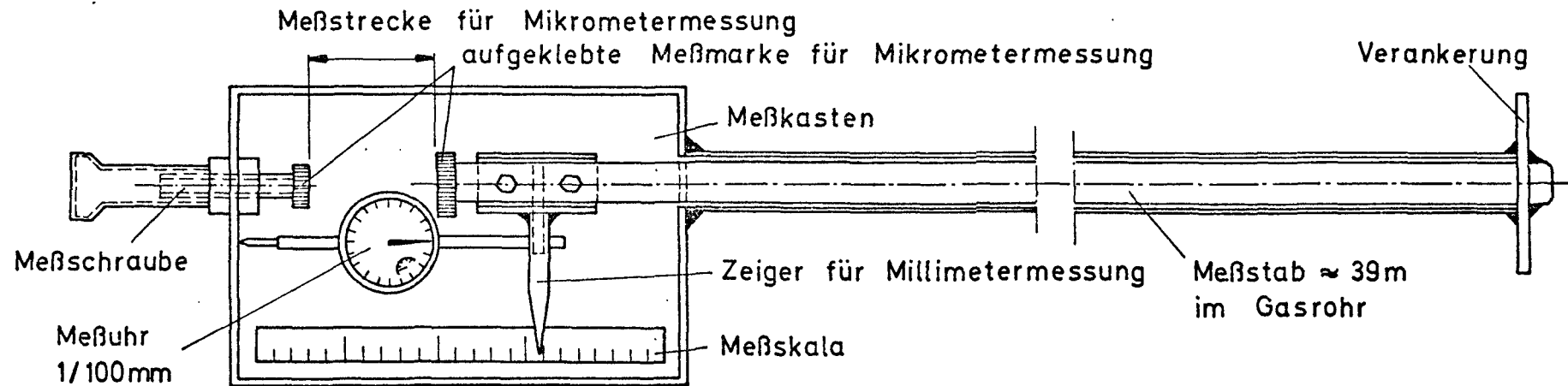


## Querschnitt



-  Kriech - und Schwindmessungen
-  Schwindmessungen

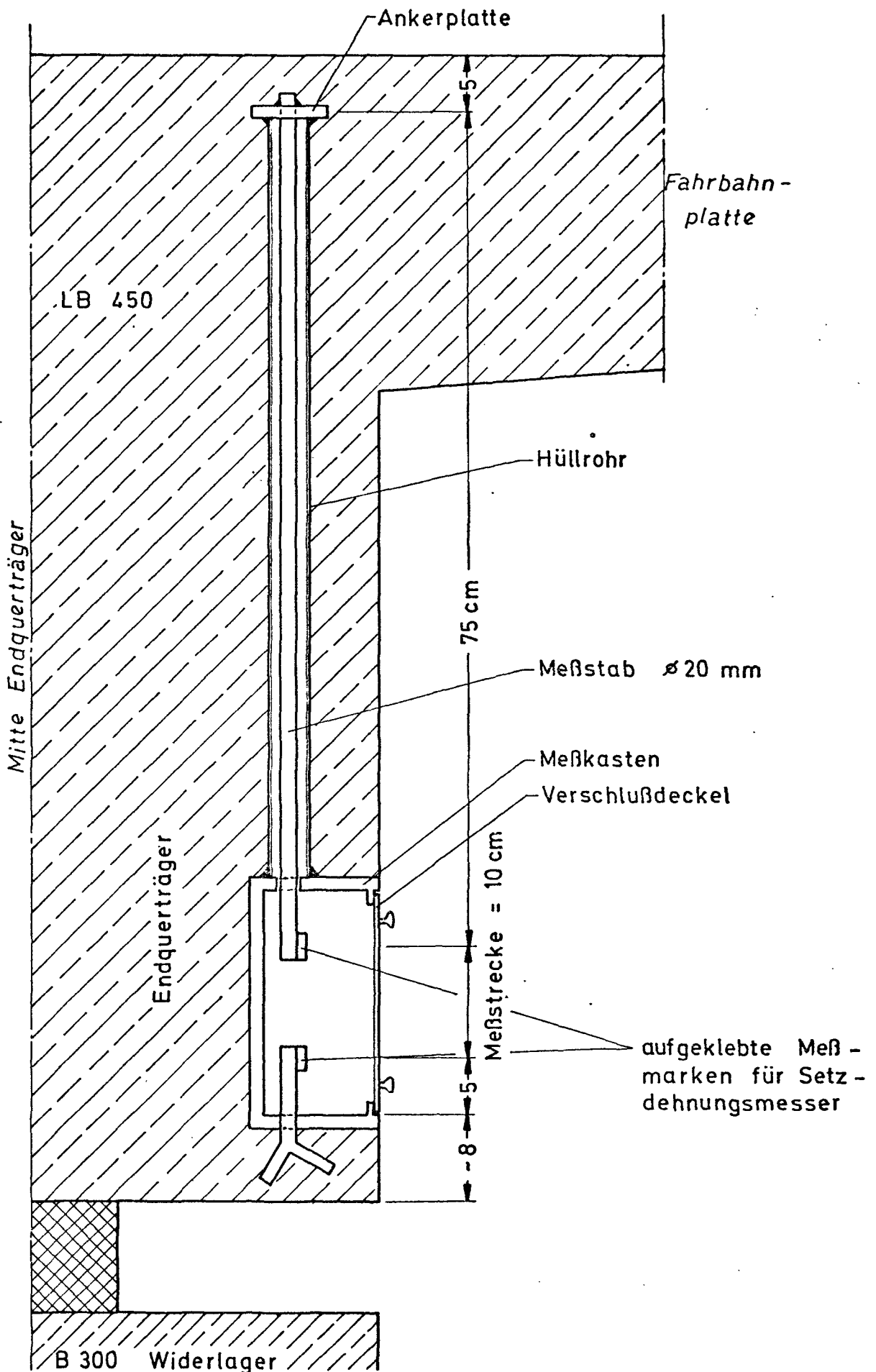
Meßeinrichtungen



## Horizontalmeßstab im Längsträger (H1-H4)

Anlage 5

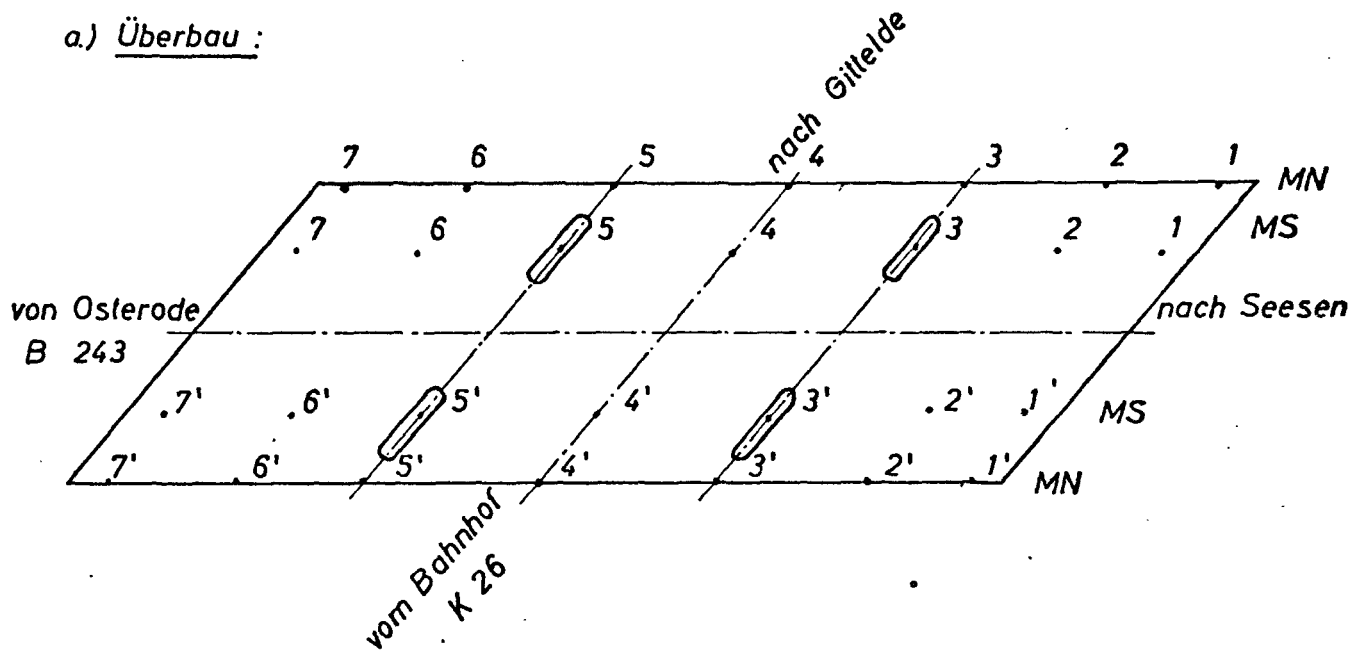
# Schwindmeßstab im Endquerträger (V1 und V2)





## Meßpunkte für Durchbiegungs - und Setzungsmessungen

### a.) Überbau :

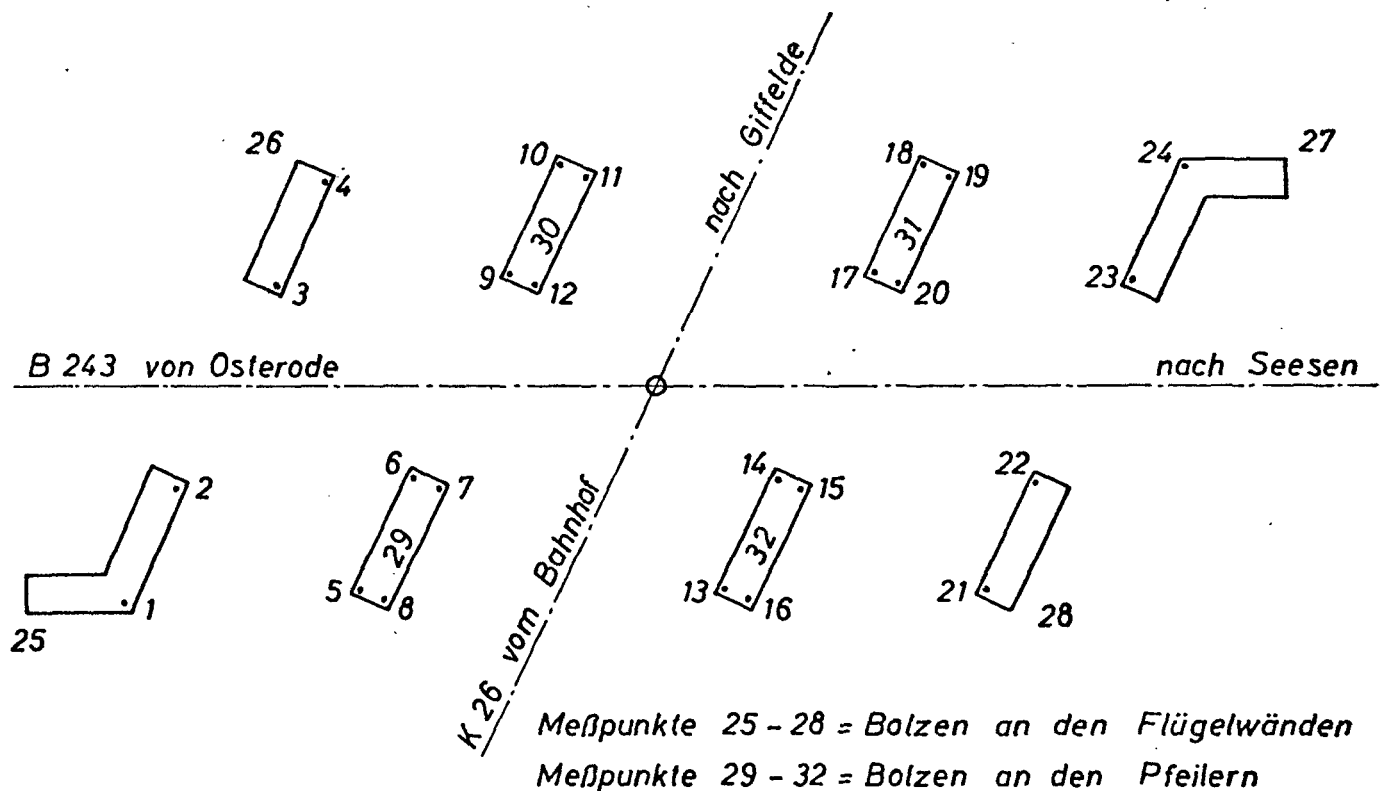


MN = Meßniet am Kragplattenrand

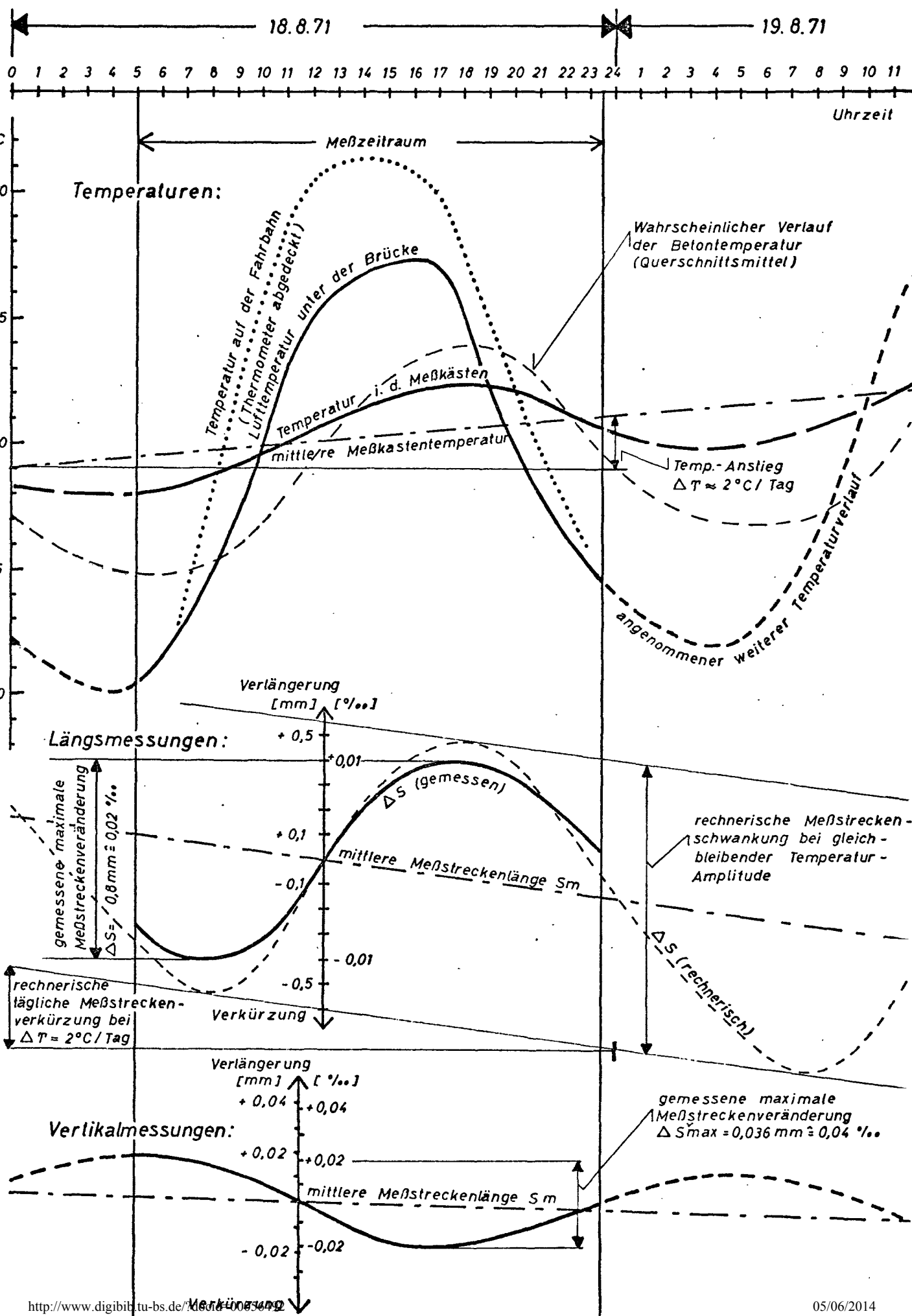
MS = Meßschraube über Längsträgermitte

### b.) Unterbauten :

(Höhenbolzen auf OK Fundament)



### Auswertung einer Ganztagsmessreihe:



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Zeile	Datum und Uhrzeit	Betonalter	Lufttemperatur	wahrscheinliche Betontemperatur	wahrscheinliche Meßstabtemperatur	Horizontalmessung								Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung					Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung	
						Meßgerät	H 1		H 2		H 3		H 4						Meßgerät	V 1		V 2									
							Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung							Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung								Veränderung der Meßstrecke
		Tage	°C	°C	°C			mm		mm		mm		mm	mm ‰	mm	mm	mm	mm ‰			mm		mm	mm ‰	mm	mm	mm	mm ‰	mm ‰	mm ‰
1	11.8.67 18 <sup>00</sup>	2,5	-	-	-	Mi MU MM	98,51 0,678 16,60	- - -	108,49 0,245 16,25	- - -	89,48 0,465 15,55	- - -	104,73 0,020 15,55	- - -																	
2	14.8.67 16 <sup>00</sup>	5,4	20°	24°	24°	Mi MU MM	106,48 2,83 17,15	- - -	113,48 2,50 16,00	- - -	95,06 3,385 15,50	- - -	111,08 0,60 15,55	- - [cm]						SDM Eichg. Δ	0,395 0,528 0,133	- - -	0,488 0,528 0,040	- - -							
3	15.8.67 1130	6,2	20°	21°	22°	MU MM	2,216 17,21	-0,61 -0,6	2,481 16,05	-0,02 -0,5	3,133 15,55	-0,25 -0,5	-0,018 15,64	-0,62 -0,9	-0,38 -0,010	+0,93	+0,93	0	-0,38 -0,010												
4	16.8.67 10 <sup>00</sup>	7,2	21°	20°	21°	MU MM	1,728 17,25	-1,10 -1,0	1,912 16,10	-0,59 -1,0	2,583 15,60	-0,80 -0,6	-0,086 15,69	-0,69 -0,6	-0,80 -0,021	+1,24	+1,40	+0,16	-0,64 -0,016												-0,64 -0,016
5	16.8.67 1830	7,5	25°	24°	22°	MU MM	3,570 17,07	0,74 1,4	3,902 15,88	1,40 1,2	4,419 15,42	1,03 0,8	1,700 15,45	1,10 1,0	+1,08 +0,028	0	+0,93	+0,93	+2,01 +0,052												+2,65 +0,068
6	17.8.67 1130	8,2	19°	21°	21°	MU MM	4,276 17,00	1,45 1,5	4,691 15,80	2,19 2,0	5,239 15,35	1,85 1,5	2,430 15,45	1,83 1,0	+1,83 +0,047	+0,93	+1,40	+0,47	+2,30 +0,059												+2,94 +0,075
7	18.8.67 1030	9,2	19°	20°	20°	MU MM	4,611 16,98	1,78 1,7	4,461 15,82	1,96 1,8	5,200 15,35	1,82 1,5	2,519 15,48	1,92 0,7	+1,87 +0,048	+1,24	+1,87	+0,63	+2,50 +0,064												
8	18.8.67 1330	9,3	23°	21°	21°	MU	4,141	1,31	4,025	1,52	5,198	1,81	2,519	1,92	(+1,64)																
9	18.8.67 1530	9,4	24°	23°	22°	MU	3,860	1,03	3,828	1,35	5,198	1,81	2,520	1,92	(+1,53)																
10	21.8.67 10 <sup>00</sup>	12,2	18°	19°	18°	MU	4,102	1,19	4,010	1,51	5,195	1,81	2,520	1,92	(+1,61)																
11	21.8.67 1430	12,4	21°	21°	19°	MU MM	3,870 17,05	1,04 1,0	3,789 15,91	1,29 0,9	4,210 15,42	0,83 0,8	1,610 15,52	1,01 0,3	+1,04 +0,027	+0,93	+2,33	+1,40	+2,44 +0,063												
12	22.8.67 930	13,2	18°	18°	18°	MU	3,870	1,04	3,740	1,24	4,200	0,81	1,600	1,00	+1,02 +0,026	+1,87	+2,80	+0,93	+1,95 +0,050												
13	23.8.67 930	14,2	25°	20°	19°	MU	3,872	1,04	3,616	1,12	4,071	0,69	1,459	0,86	+0,93 +0,024	+1,24	+2,33	+1,09	+2,02 +0,052												
14	23.8.67 15 <sup>00</sup>	14,4	28°	24°	20°	MU	3,079	0,25	2,810	0,31	3,280	-0,11	0,611	0,01	+0,12 +0,003	0	+1,87	+1,87	+1,99 +0,051												
15	24.8.67 9 <sup>00</sup>	15,1	18°	17°	18°	MU MM	3,850 17,05	1,02 1,0	3,650 15,91	1,15 0,9	4,062 15,45	0,68 0,5	1,851 15,50	1,25 0,5	+1,03 +0,026	+2,17	+2,80	+0,63	+1,66 +0,043												-0,64 -0,016 -0,032

	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
	Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung				Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung	reines Kriechen Sp. 19 - Sp. 30 - Sp. 31	Bemerkungen		
	‰	mm	mm	mm	mm	Meßgerät	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	Länge der Maßstäbe: horizontal = 38,84 m; vertikal = 0,80 m Betonmeßlänge : horizontal = 39,00 m; vertikal = 0,90 m Vorzeichen der Dehnungen: + ≙ Verkürzung; - ≙ Verlängerung Temperaturausdehnungskoeffizienten: $\alpha_{\text{Stahl}} = 1,20 \cdot 10^{-5}$ ; $\alpha_{\text{LB}} = 0,80 \cdot 10^{-5}$	
								mm		mm	‰	mm	mm	mm	‰	‰	‰	mm	MU ≙ Meßuhr, Mi ≙ Mikrometer, MM ≙ Millimeterskala	
																			Probemessung. Betonalter gemessen ab Mittwoch, 9.8.67, 6 <sup>00</sup> Betonieraufang: 7.8.67, 21 <sup>00</sup> " ende: 10.8.67, 12 <sup>00</sup>	
						SDM	0,395	-	0,488	-									<u>Nullmessung</u> Temperatur im Meßkasten: +24 °C	
						Eichg.	0,528	-	0,528	-									Alle weiteren Messungen werden auf diese Nullmessung bezogen!	
						Δ	0,133	-	0,040	-										
2	-0,38	+0,93	+0,93	0	-0,38														Quervorspannung jedes 6. Glied	
9	-0,010				-0,010														Noch keine Längsvorspannung	
69	-0,80	+1,24	+1,40	+0,16	-0,64														Quervorspannung oben 30%	
6	-0,021				-0,016														Noch keine Längsvorspannung	
2	+1,08	0	+0,93	+0,93	+2,01														Teil-Längsvorspannung 16 Glieder (~50%)	
0	+0,028				+0,052														(Eel 1 mit Behinderung durch Lehrgerüst)	
3	+1,83	+0,93	+1,40	+0,47	+2,30														Lehrgerüst teilweise abgesenkt (bis auf 1 Feld)	
2	+0,047				+0,059														(Eel 1 ohne Behinderung durch Lehrgerüst)	
2	+1,87	+1,24	+1,87	+0,63	+2,50														Schalung frei	
	+0,048				+0,064															
2	(+1,64)																			
2	(+1,53)																		Meßuhren H3 und H4 haben geklemmt	
2	(+1,61)																			
1	+1,04	+0,93	+2,33	+1,40	+2,44															
6	+0,027				+0,063															
2	+1,02	+1,87	+2,80	+0,93	+1,95															
	+0,026				+0,050															
2	+0,93	+1,24	+2,33	+1,09	+2,02															
	+0,024				+0,052															
1	+0,12	0	+1,87	+1,87	+1,99															
	+0,003				+0,051															
5	+1,03	+2,17	+2,80	+0,63	+1,66															
5	+0,026				+0,043															
																			volle Quervorspannung	
																			(Es nach der 1. Teilvorspannung: Zeile 15 - Zeile 6)	
																			Gesamtschwindmaß vor der vollen Vorspannung ( $\Delta l_s = 1,28 \text{ mm}$ )	

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Zeile	Datum und Uhrzeit	Betonalter	Lufttemperatur	wahrscheinliche Betontemperatur	wahrscheinliche Meßstabtemperatur	Horizontalmessung								Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung				Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung		
						Meßgerät	H 1		H 2		H 3		H 4						Meßgerät	V 1		V 2									
							Ableitung	Veränderung der Meßstrecke	Ableitung	Veränderung der Meßstrecke	Ableitung	Veränderung der Meßstrecke	Ableitung							Veränderung der Meßstrecke	Ableitung									Veränderung der Meßstrecke	Ableitung
		Tag	°C	°C	°C			mm		mm		mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm			mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
16	14.8.67 16 <sup>00</sup>	5,4	20°	24°	24°	Mi MU MM	106,48 2,83 17,15	- - -	113,48 2,50 16,00	- - -	95,06 3,385 15,50	- - -	111,08 0,60 15,55	[cm]						SDM Eichg. Δ	0,3950 0,5280 0,1330	- - -	0,488 0,528 0,040	- - -							Übertrag +2,94 -1,28 +0,075
17	24.8.67 17 <sup>40</sup>	15,5	23°	21°	20°	MU MM	5,980 16,82	3,15 3,3	5,821 15,70	3,22 3,0	6,209 15,25	2,82 2,5	3,995 15,29	3,39 2,6	+3,19 +0,082	+0,93	+1,87	+0,94	+4,13 +0,106											+2,47 +0,063	
18	25.8.67 8 <sup>00</sup>	16,1	15°	15°	18°	MU MM	6,855 16,76	4,03 3,9	6,891 15,65	4,39 3,5	7,256 15,18	3,87 3,2	5,071 15,19	4,47 3,6	+4,19 +0,108	+2,80	+2,80	± 0	+4,19 +0,108											+5,41 +0,138	
19	25.8.67 14 <sup>00</sup>	16,3	24°	20°	20°	MU MM	6,569 16,78	3,74 3,7	6,030 15,68	3,53 3,2	6,458 15,21	3,07 2,9	4,339 15,27	3,74 2,8	+3,52 +0,091	+1,24	+1,87	+0,63	+4,15 +0,107												
20	28.8.67 17 <sup>00</sup>	19,5	20°	20°	20°	MU	6,595	3,77	6,040	3,54	6,480	3,10	4,435	3,84	+3,56 +0,092	+1,24	+1,87	+0,63	+4,19 +0,108												
21	30.8.67 9 <sup>00</sup>	21,1	17°	16°	19°	MU MM	6,809 16,78	3,98 3,7	6,621 15,60	4,13 4,0	6,931 15,19	3,55 3,1	4,819 15,20	4,22 3,5	+3,97 +0,102	+2,48	+2,33	-0,15	+3,82 +0,098												
22	31.8.67 17 <sup>00</sup>	22,5	21°	21°	21°	MU	6,850	4,02	6,285	3,79	6,690	3,31	4,520	3,92	+3,76 +0,097	+0,93	+1,40	+0,47	+4,23 +0,109												
23	1.9.67 9 <sup>00</sup>	23,1	15°	15°	18°	MU	6,860	4,03	6,765	4,27	7,059	3,67	4,960	4,36	+4,08 +0,105	+2,80	+2,80	± 0	+4,08 +0,105												
24	5.9.67 6 <sup>50</sup>	27	10°	14°	17°	MU	6,862	4,03	6,759	4,26	7,102	3,72	4,988	4,39	+4,10 +0,106	+3,11	+3,26	+0,15	+4,25 +0,109												
25	5.9.67 19 <sup>00</sup>	27,5	19°	21°	20°	MU	6,419	3,59	6,079	3,58	6,478	3,09	4,279	3,68	+3,48 +0,090	+0,93	+1,87	+0,94	+4,42 +0,114												
26	6.9.67 6 <sup>30</sup>	28	9°	11°	15°	MU	6,744	3,91	6,632	4,13	6,821	3,44	4,642	4,04	+3,88 +0,100	+4,04	+4,20	+0,16	+4,04 +0,104												
27	6.9.67 16 <sup>30</sup>	28,4	19°	20°	20°	MU	6,739	3,91	6,389	3,89	6,768	3,38	4,488	3,89	+3,77 +0,097	+1,24	+1,87	+0,63	+4,40 +0,113												
28	7.9.67 7 <sup>00</sup>	29	8°	10°	14°	MU	6,734	3,90	6,538	4,04	6,779	3,39	4,623	4,02	+3,84 +0,099	+4,35	+4,66	+0,31	+4,15 +0,107												
29	7.9.67 16 <sup>30</sup>	29,5	20°	18°	18°	MU	6,368	3,54	5,938	3,44	6,218	2,83	4,050	3,45	+3,32 +0,086	+1,87	+2,80	+0,93	+4,25 +0,109												
30	8.9.67 6 <sup>30</sup>	30	8°	10°	13°	MU	6,424	3,59	6,250	3,75	6,501	3,12	4,412	3,81	+3,56 +0,092	+4,35	+5,13	+0,78	+4,34 +0,112												
31	8.9.67 15 <sup>30</sup>	30	19°	17°	17°	MU	6,368	3,54	6,061	3,56	6,394	3,01	4,252	3,65	+3,44 +0,089	+2,17	+3,26	+1,09	+4,53 +0,117												
32	14.9.67 10 <sup>30</sup>	36	15°	12°	14°	MU	5,783	2,95	5,759	3,26	6,079	2,69	3,840	3,24	+3,04 +0,078	+3,73	+4,66	+0,93	+3,97 +0,102												

05/06/2014



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Zeile	Datum und Uhrzeit	Betonalter	Lufttemperatur	wahrscheinliche Betontemperatur	wahrscheinliche Meßstabtemperatur	Horizontalmessung								Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung				Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung			
						Meßgerät	H 1		H 2		H 3		H 4						Meßgerät	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung								Veränderung der Meßstrecke		
							Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung																		Veränderung der Meßstrecke	
		Tage	°C	°C	°C			mm		mm		mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
33	14.8.67 16 <sup>00</sup>	5,4	20°	24°	24°	Mi MU MM	106,48 2,83 17,15	- - -	113,48 2,50 16,00	- - -	95,06 3,385 15,50	- - -	111,08 0,60 15,55 [cm]	- - -						SDM Eichg. Δ	0,395 0,528 0,133	- - -	0,488 0,528 0,040	- - -							Übertrag vom +5,41 +0,138	-1,28 -0,032
34	26.9.67 10 <sup>00</sup>	47	17°	14°	15°	MU	5,692	2,86	5,958	3,46	6,472	3,09	4,132	3,53	+3,24 +0,083	+3,11	+4,20	+1,09	+4,33 +0,112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35	6.10.67 9 <sup>15</sup>	57	12°	11°	14°	MU MM MM NN(MM) Mi	5,790 16,84 20,00 20,31 103,71	2,96 3,1 - 2,77	5,528 15,72 18,00 18,28 110,66	3,03 2,8 - 2,82	5,866 15,29 20,00 20,21 93,20	2,48 2,1 - 1,86	3,528 15,28 18,00 18,27 108,28	2,93 2,7 - 2,70	+2,85 ↓ +0,070 ↑ +2,54	+4,04	+5,60	+1,56	+4,41 +0,113	SDM Eichg. Δ	0,508 0,521 0,013	-0,120	0,593 0,521 +0,072	-0,112	-0,116 -0,129	+0,094	+0,096	+0,002	-0,114 -0,127	+5,41 +0,138	-4,94 -0,127	
36	1.12.67 16 <sup>00</sup>	113	+1°	+1°	+1°	Mi MM	105,85 20,20	0,63 1,1	112,67 18,17	0,81 1,1	95,27 20,20	-0,21 0,1	110,52 18,19	0,56 0,8	+0,45 +0,012	+7,15	+10,72	+3,57	+4,02 +0,104	SDM Eichg. Δ	0,564 0,524 +0,040	-0,173	0,669 0,520 +0,149	-0,189	-0,181 -0,201	+0,166	+0,221	+0,055	-0,126 -0,140	"	-5,45 -0,140	
37	1.3.68 11 <sup>00</sup>	203	-1°	-2°	-5°	Mi MM	107,41 20,40	-0,93 -0,9	- 18,35	- -0,70	96,86 20,38	-1,80 -1,7	111,83 18,37	-0,75 -1,0	-1,16 -0,030	+8,09	+13,52	+5,41	+4,25 +0,109	SDM Eichg. Δ	0,640 0,544 +0,096	-0,229	0,738 0,535 +0,203	-0,243	-0,236 -0,262	+0,187	+0,278	+0,091	-0,145 -0,161	"	-6,26 -0,161	
38	12.7.68 10 <sup>30</sup>	337	+12°	+11°	+15°	Mi MM	102,11 19,85	4,37 4,6	109,16 17,85	4,32 4,3	91,81 19,88	3,25 3,3	106,57 17,81	4,51 4,6	+4,11 +0,106	+4,04	+4,20	+0,16	+4,27 +0,110	SDM Eichg. Δ	0,456 0,452 +0,004	-0,137	0,555 0,451 +0,104	-0,144	-0,141 -0,157	+0,094	+0,115 (T=12°)	+0,021	-0,120 -0,133	"	-5,21 -0,133	
39	31.10.68 11 <sup>30</sup>	448	+15°	+13°	+12°	Mi MM	104,07 20,13	2,41 1,8	111,17 17,95	2,31 3,3	93,77 20,04	1,29 1,7	108,69 18,03	2,39 2,4	+2,10 +0,054	+3,42	+5,60	+2,18	+4,28 +0,110	SDM Eichg. Δ	0,492 0,457 +0,035	-0,168	0,602 0,457 +0,145	-0,185	-0,176 -0,195	+0,079	+0,115	+0,036	-0,140 -0,156	"	-6,06 -0,156	
40	12.12.68 8 <sup>30</sup>	490	-12°	-13°	-12°	Mi MM NN(Mi)	106,49 20,30 104,18	-0,01 0,1	114,05 18,35	-0,57 -0,7	96,82 20,35	-1,76 -1,4	111,55 18,35	-0,47 -1,2	-0,70 -0,018	+11,50	+16,80	+5,30	+4,60 +0,118	SDM Eichg. Δ	0,539 0,444 +0,095	-0,228	0,675 0,444 +0,231	-0,271	-0,249 -0,278	+0,266	+0,346	+0,080	-0,169 -0,187	"	-7,25 -0,187	
41	14.4.69 11 <sup>00</sup>	612	+6°	+3°	+3°	Mi MM	102,62 20,15	1,56 1,6	112,34 18,15	1,14 1,3	94,93 20,20	0,13 0,1	109,47 18,10	1,61 1,7	+1,11 +0,029	+6,53	+9,80	+3,27	+4,38 +0,113	SDM Eichg. Δ	0,501 0,452 +0,048	-0,181	0,613 0,452 +0,161	-0,201	-0,191 -0,212	+0,151	+0,202	+0,051	-0,140 -0,156	"	-6,06 -0,156	
42	23.7.69 9 <sup>30</sup>	712	+24°	+19°	+20°	Mi MM	100,21 19,93	3,97 3,8	109,68 17,9	3,80 3,8	92,19 19,88	2,87 3,3	106,30 17,82	4,78 4,5	+3,86 +0,099	+1,55	+1,87	+0,32	+4,18 +0,108	SDM Eichg. Δ	0,444 0,456 -0,012	-0,121	0,540 0,455 +0,085	-0,125	-0,123 -0,137	+0,036	+0,038	+0,002	-0,121 -0,134	"	-5,21 -0,134	
43	25.9.69 10 <sup>30</sup>	775	+17°	+14°	+14°	Mi MM	101,16 20,00	3,02 3,1	110,70 18,00	2,78 2,80	93,32 20,00	1,74 2,1	107,58 17,94	3,50 3,3	+2,76 +0,071	+3,11	+4,66	+1,55	+4,31 +0,111	SDM Eichg. Δ	0,450 0,458 -0,008	-0,125	0,562 0,457 +0,105	-0,145	-0,135 -0,150	+0,072	+0,096	+0,024	-0,111 -0,123	"	-4,77 -0,123	
44	4.12.69 11 <sup>00</sup>	845	-5°	-9°	-6°	Mi MM	103,40 20,23	0,78 0,8	113,22 18,25	0,26 0,3	95,79 20,20	-0,73 0,1	110,08 18,19	1,00 0,80	+0,33 +0,008	+10,28	+13,99	+3,71	+4,04 +0,104	SDM Eichg. Δ	0,473 0,454 +0,019	-0,152	0,595 0,450 +0,145	-0,185	-0,168 -0,187	+0,238	+0,288	+0,050	-0,118 -0,131	"	-5,10 -0,131	

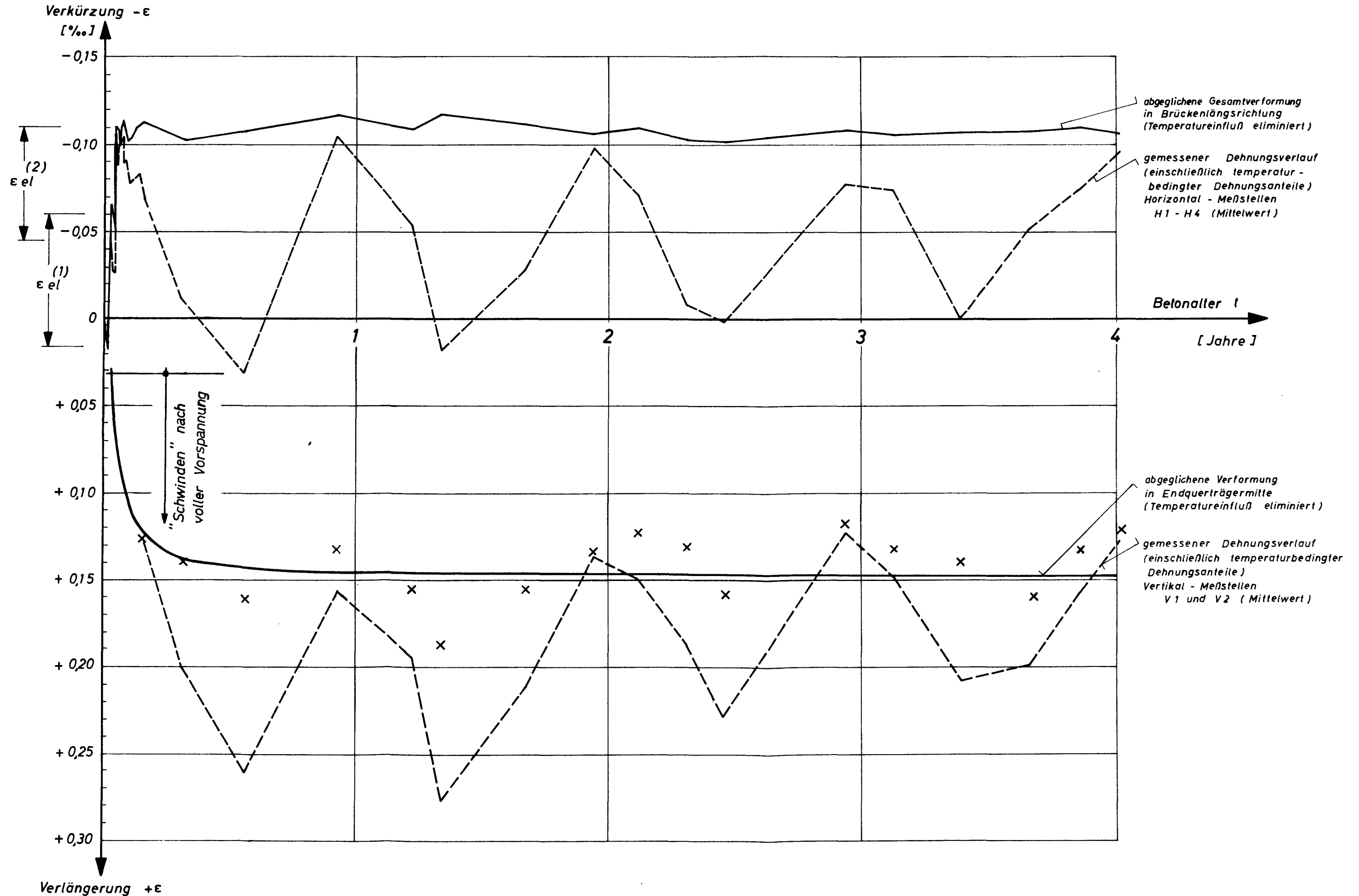
33																			34
Bemerkungen																			
Länge der Maßstäbe: horizontal = 38,84 m; vertikal = 0,80 m Betonmeßlänge : horizontal = 39,00 m; vertikal = 0,90 m Vorzeichen der Dehnungen : + ≙ Verkürzung ; - ≙ Verlängerung Temperaturausdehnungskoeffizienten: $\alpha_{\text{Stahl}} = 1,20 \cdot 10^{-5}$ ; $\alpha_{\text{LB}} = 0,80 \cdot 10^{-5}$																			
MU ≙ Meßuhr , Mi ≙ Mikrometer , MM ≙ Millimeterskala																			Name
Nullmessung (vgl. Zeile 2)																			
Letzte MU-Ablesung (anschließend Ausbau der Meßuhren) Alte MM-Ablesung vor dem Verstellen der MM-Skala Neue " " nach " " " " " Neuer Nullwert der MM-Ablesungen Anschlußmessung mit der Mikrometerschraube																			
Reparatur: Meßmarke (Mi) bei H1 um 2,3 mm verschoben Neuer Nullwert Mi bei H1 : 106,48 - 2,30 = 104,18 mm																			
ganztägig Messungen von 6 <sup>00</sup> - 20 <sup>00</sup>																			
Asphaltbelag aufgebracht																			
Schneehöhe auf der Brücke 10 cm																			



0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Zeile	Datum und Uhrzeit	Betonalter	Lufttemperatur	wahrscheinliche Betontemperatur	wahrscheinliche Meßstabtemperatur	Horizontalmessung								Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung					Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung	
						Meßgerät	H 1		H 2		H 3		H 4						Meßgerät	V 1		V 2									
							Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung							Veränderung der Meßstrecke	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung								Veränderung der Meßstrecke
		Tag	°C	°C	°C		mm		mm		mm		mm	mm ‰	mm	mm	mm	mm ‰			mm		mm	mm ‰	mm	mm	mm	mm ‰	mm ‰	mm ‰	
45	14.8.67 16 <sup>00</sup>	5,4	20°	24°	24°	Mi MU MM	104,18 2,83 20,31	- - -	113,48 2,50 18,28	- - -	95,06 3,385 20,21	- - -	111,08 0,60 18,27 [cm]							SDM Eichg Δ	0,395 0,528 0,133	- - -	0,488 0,528 0,040	- - -							Übertrag von +5,41 -1,28 +0,138 -0,032
46	26.1.70 11 <sup>00</sup>	898	+1°	-2°	-2°	Mi MM	104,38 20,33	+0,20 -0,2	113,73 18,30	-0,25 -0,2	95,82 20,25	-0,76 -0,4	110,40 18,24	0,68 0,3	-0,03 -0,001	+8,10	+12,13	+4,03	+4,00 +0,103	SDM Eichg Δ	0,502 0,447 0,055	-0,188 - +0,184	0,630 0,446 +0,184	-0,224 - -0,229	-0,206 -0,229	+0,187 +0,250	+0,063 +0,063	-0,143 -0,159	"	-6,18 -0,159	
47	24.7.70 15 <sup>30</sup>	1076	+23,5°	+22°	+20°	Mi MM	100,43 19,95	3,75 3,6	110,41 18,00	3,07 2,8	92,77 19,93	2,29 2,8	- -	+3,04 +0,078	+0,62	+1,87	+7,25	+4,29 +0,110	SDM Eichg Δ	0,502 0,532 -0,030	-0,103 - +0,079	0,611 0,532 +0,079	-0,119 - -0,138	-0,111 -0,123	+0,014 +0,019 (T=22°)	+0,005 +0,005	-0,106 -0,118	"	-4,59 -0,118		
48	1.10.70 14 <sup>00</sup>	1145	+11°	+10°	+12°	Mi MM	100,80 19,97	3,38 3,4	110,65 18,00	2,83 2,8	93,16 19,95	1,90 2,6	107,55 17,94	3,53 3,3	+2,91 +0,075	+4,35	+5,60	+1,25	+4,16 +0,107	SDM Eichg Δ	0,519 0,522 -0,003	-0,130 - +0,098	0,620 0,522 +0,098	-0,138 -0,149	-0,134 -0,149	+0,101 +0,115	+0,014 +0,014	-0,120 -0,133	"	-5,16 -0,133	
	Verschiebung Mikro:						-	-	-	+0,94	-	+0,28	-	+0,62																	
	Neue Nullwerte:						NN(Mi)	104,18		114,42		95,34		111,70																	
49	4.1.71 10 <sup>00</sup>	1240	-7°	-9°	-7°	Mi MM	103,66 20,25	0,52 0,6	114,52 18,30	-0,10 -0,2	96,34 20,27	-1,00 -0,6	111,00 18,22	0,70 0,5	+0,03 +0,001	+10,28	+14,50	+4,22	+4,25 +0,109	SDM Eichg Δ	0,549 0,516 +0,033	-0,166 - +0,168	0,683 0,515 +0,168	-0,208 -0,208	-0,187 -0,208	+0,237 +0,298	+0,061 +0,061	-0,126 -0,140	"	-5,44 -0,140	
50	15.4.71 9 <sup>30</sup>	1341	+13°	+10°	+10°	Mi MM	102,01 20,12	2,17 1,9	112,37 18,09	2,05 1,9	94,08 20,02	1,26 1,9	- -	+2,07 +0,053	+4,36	+6,53	+2,17	+4,24 +0,109	SDM Eichg Δ	0,562 0,526 +0,036	-0,169 - 0,148	0,674 0,526 0,148	-0,188 -0,199	-0,179 -0,199	+0,101 +0,135	+0,034 +0,034	-0,145 -0,161	"	-6,26 -0,161		
51	23.6.71 11 <sup>30</sup>	1410	+15°	+15°	+15°	Mi MM	100,89 20,00	3,29 3,1	111,63 18,00	2,79 2,8	93,45 19,97	1,89 2,4	108,09 17,93	3,61 3,4	+2,90 +0,075	+2,80	+4,20	+1,40	+4,30 +0,111	SDM Eichg Δ	0,527 0,535 -0,008	-0,125 - +0,118	0,650 0,532 +0,118	-0,158 -0,158	-0,142 -0,158	+0,065 +0,086	+0,021 +0,021	-0,121 -0,134	"	-5,21 -0,134	
52	18.8.71 12 <sup>30</sup>	1466	+26°	+20,2°	+20,5°	Mi MM	100,00 19,90	4,18 4,1	110,76 17,90	3,66 3,8	92,59 19,89	2,75 3,2	107,29 17,85	4,41 4,2	+3,75 +0,096	+1,18	+1,63	+0,45	+4,20 +0,108	SDM Eichg Δ	0,511 0,538 -0,027	-0,106 - 0,086	0,624 0,538 0,086	-0,126 -0,129	-0,116 -0,129	+0,027 +0,034	+0,007 +0,007	-0,109 -0,121	"	-4,70 -0,121	

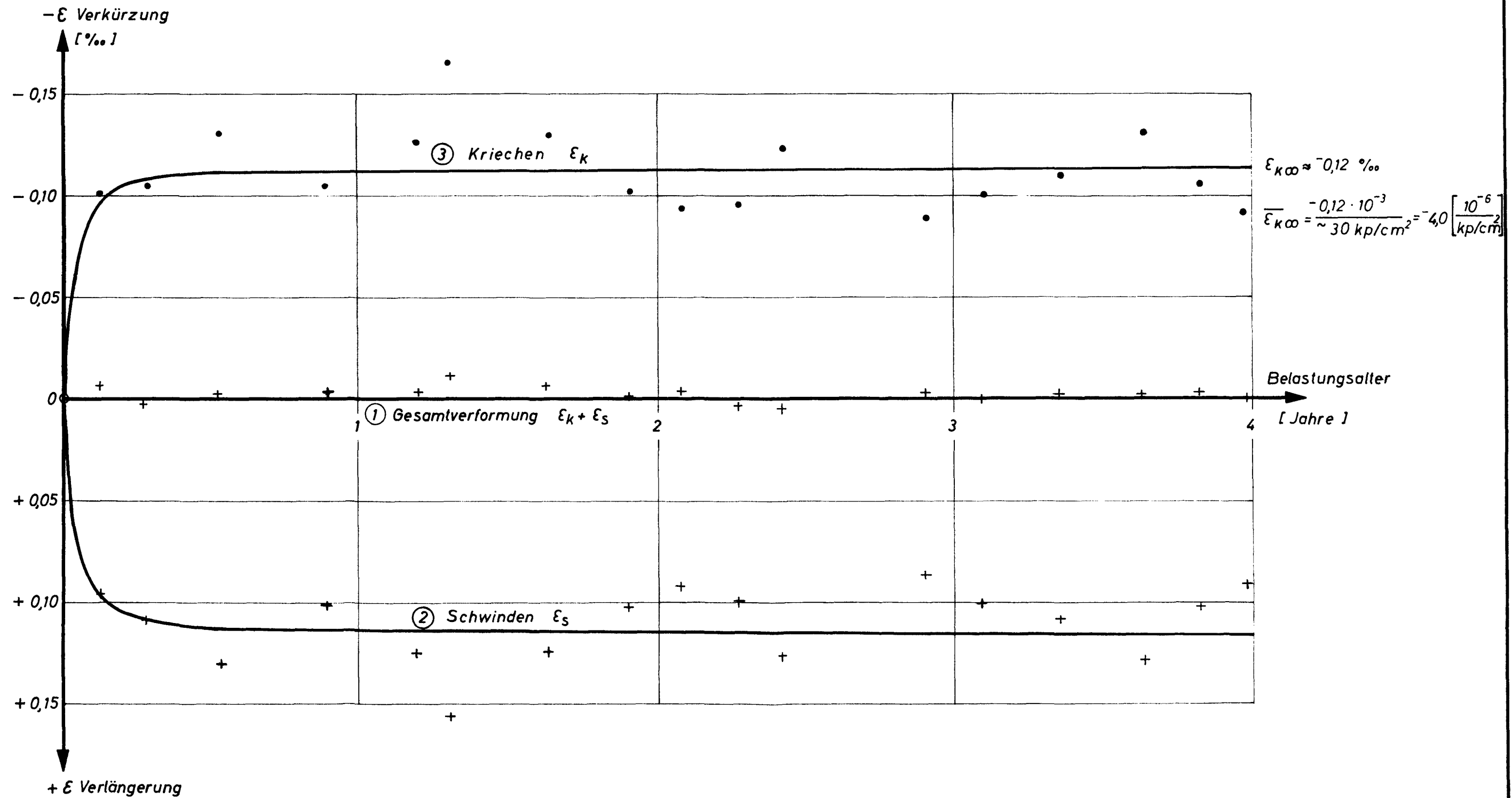
4	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		34
der Meßstrecke	Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 17 - Sp. 16	Längenänderung des Überbaues	Vertikalmessung				Mittelwert der scheinbaren Dehnung	Temperaturdehnung des Leichtbetons	Temperaturdehnung des Meßstabes	Differenz Sp. 27 - Sp. 26	Schwindverformung	elastische Verformung	Schwinden in Brückenlängsrichtung	reines Kriechen Sp. 19 - Sp. 30 - Sp. 31	Bemerkungen			
						Meßgerät	Ablesung	Veränderung der Meßstrecke	Ablesung									Veränderung der Meßstrecke	Länge der Maßstäbe: horizontal = 38,84 m; vertikal = 0,80 m Betonmeßlänge : horizontal = 39,00 m; vertikal = 0,90 m Vorzeichen der Dehnungen: + ≙ Verkürzung; - ≙ Verlängerung Temperaturausdehnungskoeffizienten: $\alpha_{\text{Stahl}} = 1,20 \cdot 10^{-5}$ ; $\alpha_{\text{LB}} = 0,80 \cdot 10^{-5}$		
m	mm ‰	mm	mm	mm	mm ‰			mm		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	MU ≙ Meßuhr, Mi ≙ Mikrometer, MM ≙ Millimeterskala		Name
-						SDM	0,395	-	0,488	-						Übertrag von 24.8.67			gültige Nullwerte (vgl. Zeile 2, Zeile 35 und Zeile 40)		
-						Eichg.	0,528	-	0,528	-						+5,41	-1,28	-			
-m7						Δ	0,133	-	0,040	-						+0,138	-0,032	-			
68	-0,03	+8,10	+12,13	+4,03	+4,00	SDM	0,502	-0,188	0,630	-0,224	-0,206	+0,187	+0,250	+0,063	-0,143	"	-6,18	+4,77	Schneehöhe auf der Brücke 25 cm		Hjorth
73	-0,001				+0,103	Eichg.	0,447		0,446		-0,229				-0,159	"	-0,159	+0,123			
						Δ	0,055		+0,184												
-	+3,04	+0,62	+1,87	+1,25	+4,29	SDM	0,502	-0,103	0,611	-0,119	-0,111	+0,014	+0,019	+0,005	-0,106	"	-4,59	+3,47			"
-	+0,078				+0,110	Eichg.	0,532		0,532		-0,123	(T=22°)			-0,118	"	-0,118	+0,089			
						Δ	-0,030		+0,079												
53	+2,91	+4,35	+5,60	+1,25	+4,16	SDM	0,519	-0,130	0,620	-0,138	-0,134	+0,101	+0,115	+0,014	-0,120	"	-5,16	+3,91			"
33	+0,075				+0,107	Eichg.	0,522		0,522		-0,149				-0,133	"	-0,133	+0,101			
						Δ	-0,003		+0,098												
62																			1.10.70. Reparatur der Meßplättchen für Mi-Messungen Neue Nullwerte H2 - H4		
70	+0,03	+10,28	+14,50	+4,22	+4,25	SDM	0,549	-0,166	0,683	-0,208	-0,187	+0,237	+0,298	+0,061	-0,126	"	-5,44	+4,28			"
75	+0,001				+0,109	Eichg.	0,516		0,515		-0,208				-0,140	"	-0,140	+0,110			
						Δ	+0,033		+0,168												
80	+2,07	+4,36	+6,53	+2,17	+4,24	SDM	0,562	-0,169	0,674	-0,188	-0,179	+0,101	+0,135	+0,034	-0,145	"	-6,26	+5,09			"
-	+0,053				+0,109	Eichg.	0,526		0,526		-0,199				-0,161	"	-0,161	+0,131			
						Δ	+0,036		0,148												
61	+2,90	+2,80	+4,20	+1,40	+4,30	SDM	0,527	-0,125	0,650	-0,158	-0,142	+0,065	+0,086	+0,021	-0,121	"	-5,21	+4,10			"
74	+0,075				+0,111	Eichg.	0,535		0,532		-0,158				-0,134	"	-0,134	+0,105			
						Δ	-0,008		+0,118												
41	+3,75	+1,18	+1,63	+0,45	+4,20	SDM	0,511	-0,106	0,624	-0,126	-0,116	+0,027	+0,034	+0,007	-0,109	"	-4,70	+3,49	ganztägig Messungen von 5°-24° (s. bes. Protokoll)		"
72	+0,096				+0,108	Eichg.	0,538		0,538		-0,129				-0,121	"	-0,121	+0,091			
						Δ	-0,027		0,086												

## Gemessener Dehnungsverlauf



# Zeitabhängige Verformungsanteile nach Belastung

- ① Gesamtverformung (abzüglich elastischer Verkürzung infolge Vorspannung)  $\varepsilon_{\text{ges}} - \varepsilon_{\text{el}} = \varepsilon_k + \varepsilon_s \approx 0$
- ② Schwindverlauf nach Belastung
- ③ Reiner Kriechanteil

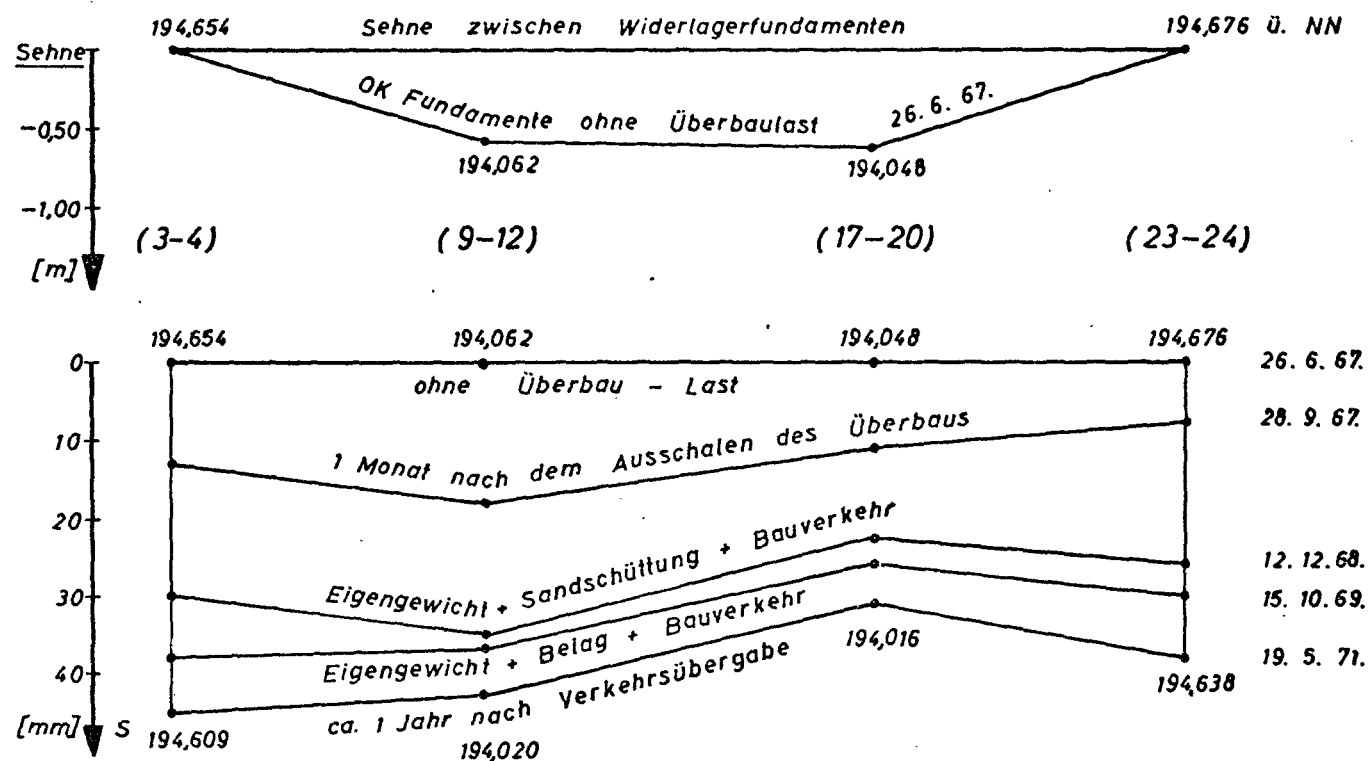


# Fundament - Setzungen

Osterode ←

Fundamente Seite Giffelde

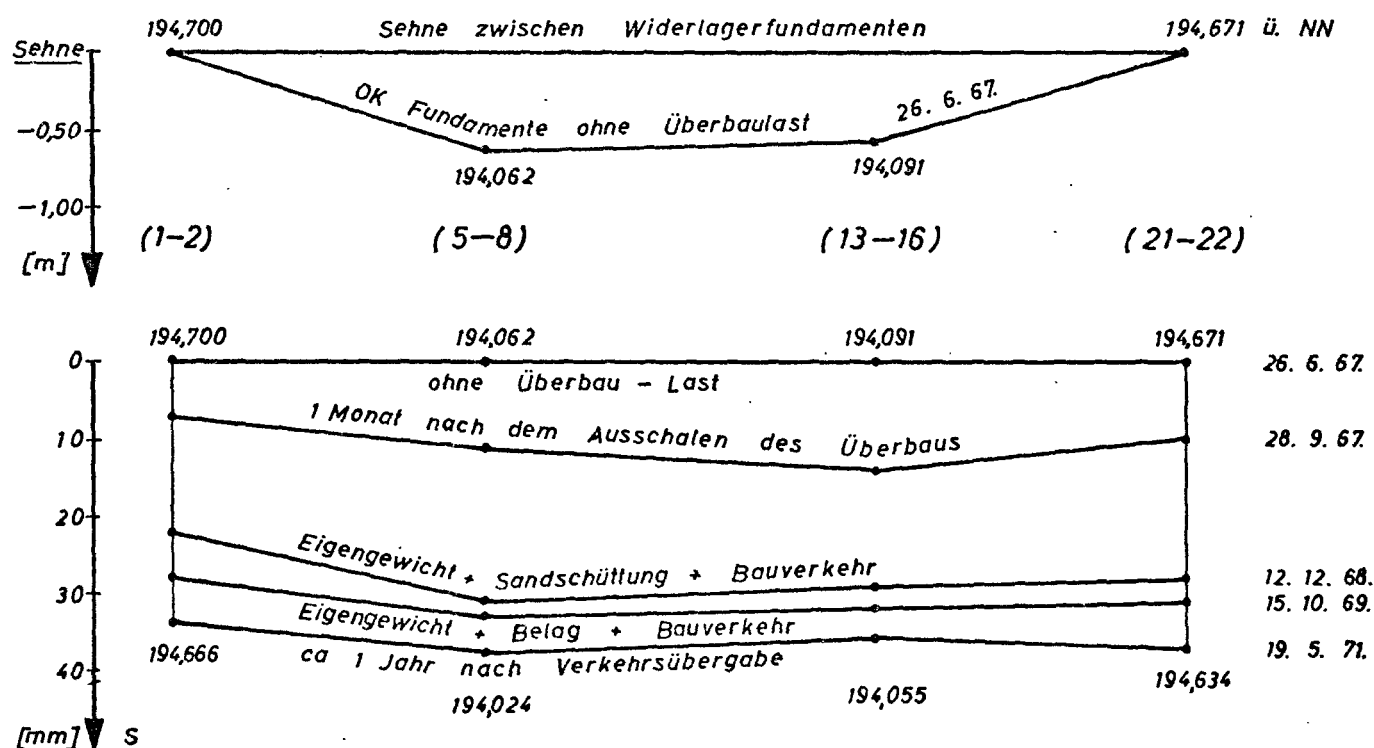
→ Seesen



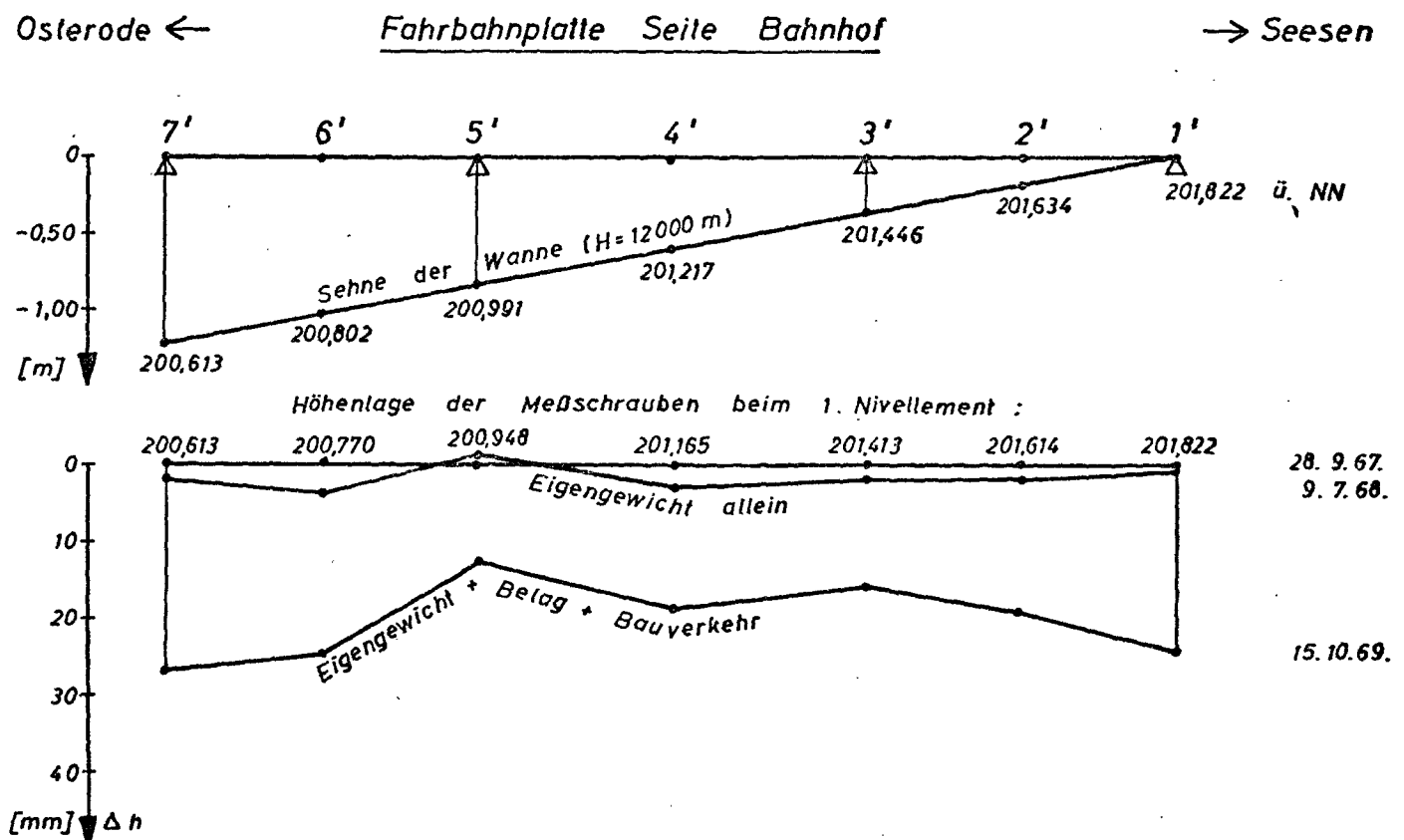
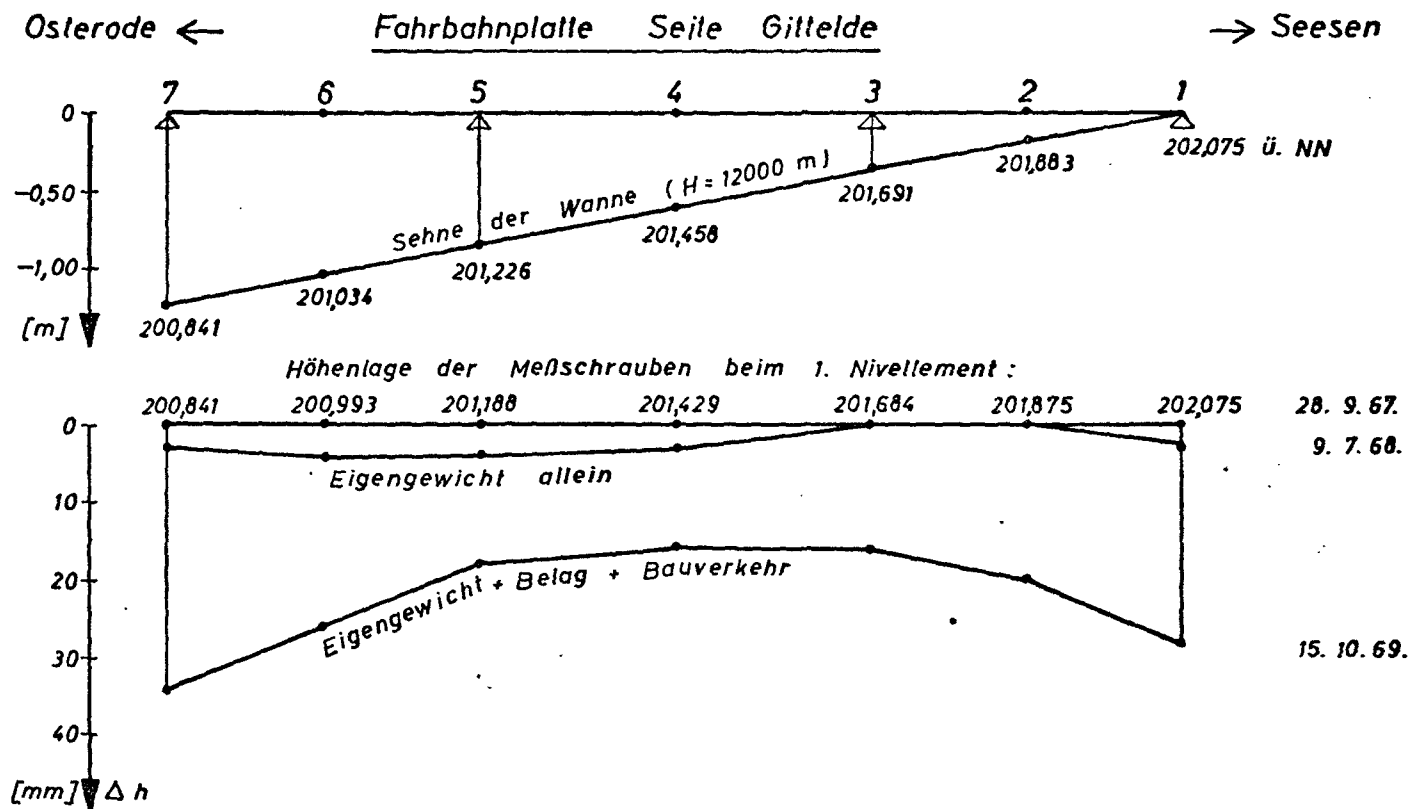
Osterode ←

Fundamente Seite Bahnhof

→ Seesen



# Höhenänderungen des Überbaus



## Anhang A

*Ermittlung des Temperatúrausdehnungs –  
Koeffizienten des Blähschiefer – Leichtbetons*

# Bestimmung der Temperatúrausdehnungskoeffizienten $\alpha_t$ von Norlit-Leichtbeton

Prüfkörper : KLB III / S I  
Abmessungen :  $\varnothing = 20 \text{ cm}$ ,  $h = 80 \text{ cm}$   
(unbewehrt)

hergestellt am : 24. 5. 68  
Meßreihenbeginn : 18. 4. 69  
Betonalter 329 Tage

Meßgerät : Setzdehnungsmesser  
( $500 \pm 2 \text{ mm}$ )  
Meßgenauigkeit : 1 Skt  $\approx 1/490 \text{ mm}$

## Meßprotokoll

## Meßreihe 1

Ifd. Nr.	Datum	Uhrzeit	Luft- temp. $T [^{\circ}\text{C}]$	rel. LF [%]	Ablesung				Bemerkung
					Meßstelle 1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.4.69.	12 <sup>45</sup>	20	65	14 97,0	15 10,5	14 81,0	14 41,0	Nullmessung
2	"	15 <sup>45</sup>	15	65	14 89,0	15 02,5	14 73,0	14 33,0	
3	21.4.69.	8 <sup>35</sup>	15	80	14 87,5	15 01,5	14 72,0	14 32,0	Stetiger Anstieg der rel. Luftfeuchte seit 19.4., 12 <sup>00</sup>
4	"	12 <sup>55</sup>	10	67	14 80,0	14 94,0	14 66,0	14 25,5	Dauer des Temp.-u. Feuchtigkeit- Rückgangs $\sim 4 \text{ Std.}$
5	"	14 <sup>35</sup>	10	70	14 79,0	14 93,5	14 64,5	14 24,5	
6	"	16 <sup>55</sup>	10	70	14 77,5	14 92,5	14 63,5	14 23,5	
7	23.4.69.	8 <sup>00</sup>	10	63	14 77,0	14 92,0	14 63,0	14 23,0	



# Bestimmung der Temperatureausdehnungskoeffizienten $\alpha_t$ von Norlit-Leichtbeton

Prüfkörper : KLB III / S I

Abmessungen :  $\varnothing = 20 \text{ cm}$ ,  $h = 80 \text{ cm}$   
(unbewehrt)

hergestellt am : 24. 5. 68

Meßreihenbeginn : 18. 4. 69

Betonalter 329 Tage

Meßgerät : Setzdehnungsmesser  
( $500 \pm 2 \text{ mm}$ )

Meßgenauigkeit : 1 Skt  $\approx 1/490 \text{ mm}$

## Auswertung

## Meßreihe 1

Ifd. Nr.	Datum und Uhrzeit	Luft- temp. [°C]	$\Delta T$ [°C]	rel. LF [%]	Verformung bezogen auf Ifd. Nr.	Dauer der Temperatur- einwirkung	Dehnung $\varepsilon_1$ in ‰					$\alpha_1 = \varepsilon_1 / \Delta T$ [ $10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$ ]
							Meßstelle				Mittel	
							1	2	3	4		
1	18.4.69. 12,45	20	—	65	—	—	—	—	—	—	—	Nullmessung
2	18.4.69. 15,45	15	— 5	65	1	2 <sup>h</sup> , 45 min	0,0327	0,0327	0,0327	0,0327	0,0327	0,65
3	21.4.69. 8,35	15	— 5	80	1	67 <sup>h</sup> , 35 min	0,0388	0,0367	0,0367	0,0367	0,0372	0,75
4	21.4.69. 12,55	10	— 5	67	3	10 min	0,0306	0,0306	0,0245	0,0265	0,0281	0,56
5	21.4.69. 14,35	10	— 5	70	3	1 <sup>h</sup> , 50 min	0,0347	0,0327	0,0306	0,0306	0,0321	0,64
6	21.4.69. 16,55	10	— 5	70	3	4 <sup>h</sup> , 10 min	0,0408	0,0367	0,0347	0,0347	0,0367	0,74
7	23.4.69. 8,00	10	— 5	63	3	43 <sup>h</sup>	0,0429	0,0388	0,0367	0,0367	0,0388	0,78
7a	"	10	— 10	"	1	—	0,0816	0,0755	0,0735	0,0735	0,0760	<u>0,76</u>

Anhang A

Blatt 2

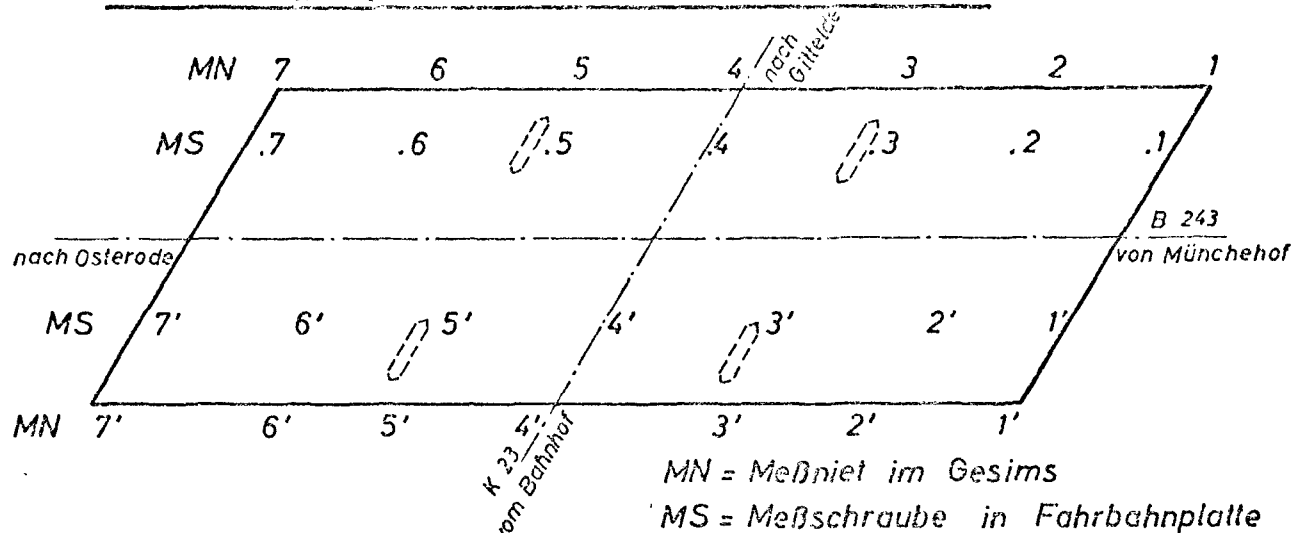


Bestimmung der Temperatureausdehnungskoeffizienten $\alpha_t$ von Norlit-Leichtbeton												
Prüfkörper : KLB III / S I					hergestellt am : 24. 5. 68			Meßgerät : Setzdehnungsmesser				
Abmessungen : $\varnothing = 20\text{ cm}$ , $h = 80\text{ cm}$					Meßreihenbeginn : 31.10.69			(500 $\pm$ 2 mm)				
(unbewehrt)					Betonalter 525 Tage			Meßgenauigkeit : 1 Skt $\hat{=}$ 1/490 mm				
Auswertung										Meßreihe 2		
Ifd. Nr.	Datum und Uhrzeit	Luft- temp. [°C]	$\Delta T$ [°C]	rel. LF [%]	Verformung bezogen auf Ifd. Nr.	Dauer der Temperatur- einwirkung	Dehnung $\epsilon_t$ in ‰					$\alpha_t = \epsilon_t / \Delta T$ [10 <sup>-5</sup> $\frac{\text{m}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$ ]
							Meßstelle				Mittel	
							1	2	3	4		
1	31.10.69. 8,30	20	-	65	-	-	-	-	-	-	-	Nullmessung
2	31.10.69. 15,00	-4	-24	52	1	6 h	0,163	0,161	0,165	0,165	0,164	0,68
3	3.11.69. 10,00	-4	-24	52	1	3 Tage	0,178	0,176	0,194	0,182	0,183	0,76
4	5.11.69. 8,10	-4	-24	50	1	5 Tage	0,176	0,176	0,176	0,184	0,178	0,74
												angenommener Endwert: <u>0,76</u>

# Anhang B

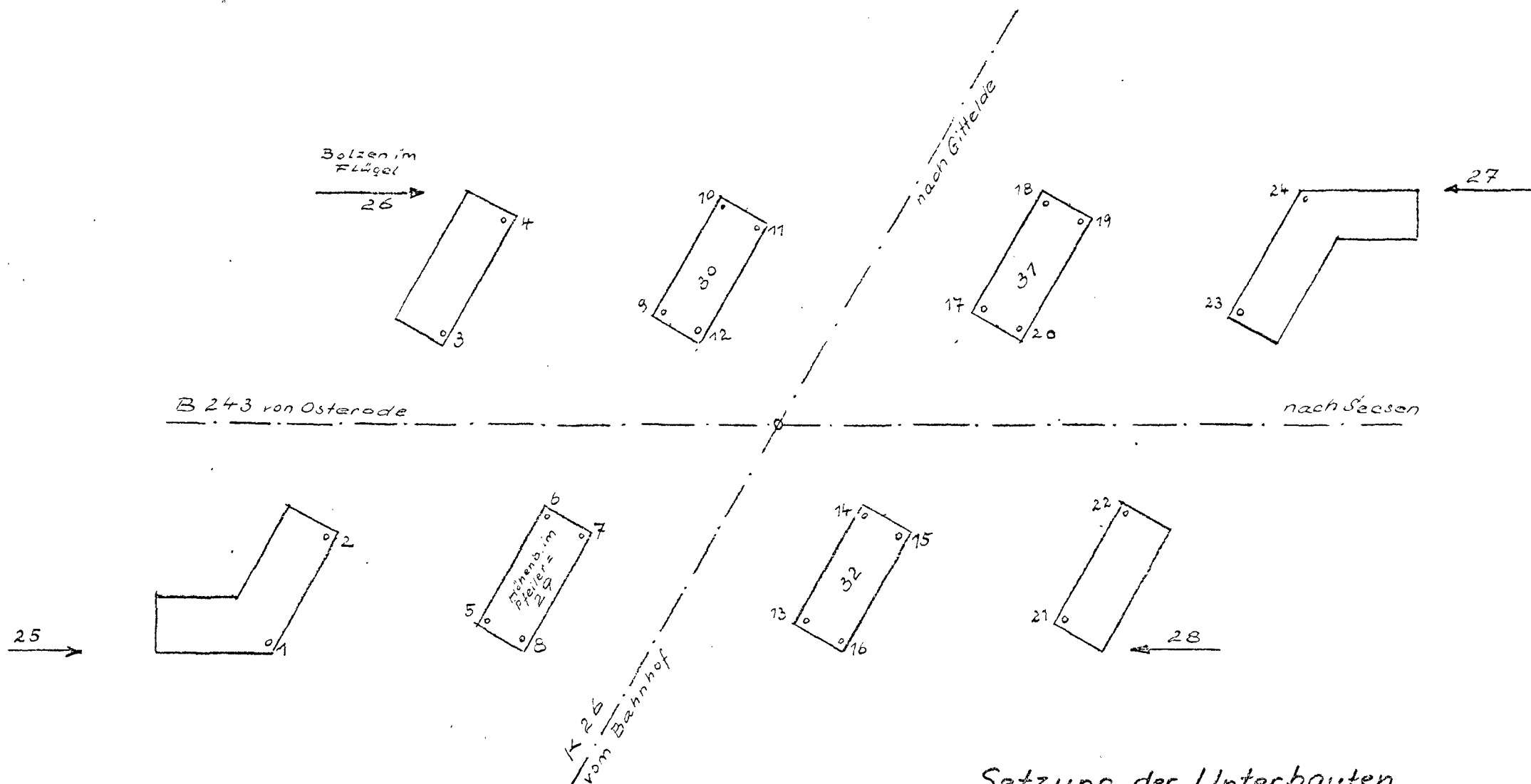
## *Protokolle der Durchbiegungs- und Setzungsmessungen*

# Durchbiegungsmessungen am Überbau



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	- Differenz -			
Meßpunkt	ü. MN	ü. MN/4								4-6	4-7	4-9	1-9
MN 1	202,370	2,370	2,370	2,370	2,345	2,343	2,343	2,342	2,320	-22	-27	-32	-32
" 2	202,162	2,164	2,162	2,160	2,143	2,143	2,141	2,132	2,110	-17	-19	-20	-22
" 3	201,977	1,975	1,976	1,974	1,958	1,954	1,952	1,953	1,931	-10	-12	-13	-16
" 4	201,732	1,730	1,731	1,729	1,725	1,720	1,719	1,720	1,716	-9	-10	-13	-16
" 5	201,504	1,499	1,500	1,493	1,490	1,487	1,485	1,481	1,482	-11	-13	-16	-19
" 6	201,311	1,309	1,309	1,307	1,295	1,292	1,290	1,291	1,286	-15	-17	-21	-25
" 7	201,152	1,152	1,151	1,149	1,129	1,127	1,125	1,125	1,110	-22	-25	-31	-34
MS 1	202,075	2,075	2,075	2,072					2,047			-25	-28
" 2	201,825	1,824	1,825	1,825					1,855			-20	-20
" 3	201,684	1,684	1,684	1,684					1,668			-16	-16
" 4	201,429	1,428	1,428	1,426					1,443			-13	-16
" 5	201,182	1,182	1,186	1,184					1,170			-14	-18
" 6	200,993	0,992	0,991	0,989					0,987			-22	-26
" 7	200,841	0,840	0,839	0,833					0,862			-31	-34
MS 1'	201,822	1,822	1,823	1,821					1,798			-23	-24
" 2'	201,614	1,614	1,612	1,612					1,578			-17	-19
" 3'	201,413	1,413	1,413	1,411					1,395			-16	-18
" 4'	201,165	1,163	1,162	1,162					1,146			-16	-19
" 5'	200,948	0,950	0,950	0,950					0,935			-15	-17
" 6'	200,770	0,766	0,766	0,766					0,745			-21	-25
" 7'	200,613	0,612	0,612	0,611					0,586			-25	-27
MN 1'	201,859	1,829	1,890	1,882	1,873	1,870	1,868	1,869	1,862	-18	-20	-20	-21
" 2'	201,693	1,694	1,695	1,693	1,681	1,673	1,677	1,673	1,675	-15	-16	-18	-18
" 3'	201,506	1,507	1,508	1,506	1,494	1,490	1,481	1,490	1,482	-12	-17	-20	-18
" 4'	201,270	1,277	1,272	1,277	1,263	1,251	1,260	1,261	1,258	-16	-17	-19	-20
" 5'	201,042	1,042	1,042	1,041	1,022	1,026	1,025	1,024	1,024	-14	-15	-17	-18
" 6'	200,873	0,879	0,880	0,878	0,853	0,857	0,852	0,857	0,856	-19	-20	-22	-22
" 7'	200,693	0,696	0,697	0,695	0,680	0,677	0,679	0,679	0,673	-16	-16	-22	-24
	m									mm			
Datum:	28.9. 67.	29.1. 68.	1.3. 68.	9.7. 68.	31.10. 68.	22.11. 68.	12.12. 68.	9.4. 69.	15.10. 69.	Messungen :  Straßenbauamt  Bad Gandersheim			
Temper.:		± 0°	-1°	+20°	+15°	+5°	-10°	+20°	+10°				

# Straßenbauamt Ganderstheim



## Setzung der Unterbauten

Bauwerk: Gi 2

im Zuge der Ortsumgehung  
Gittelde - B 243





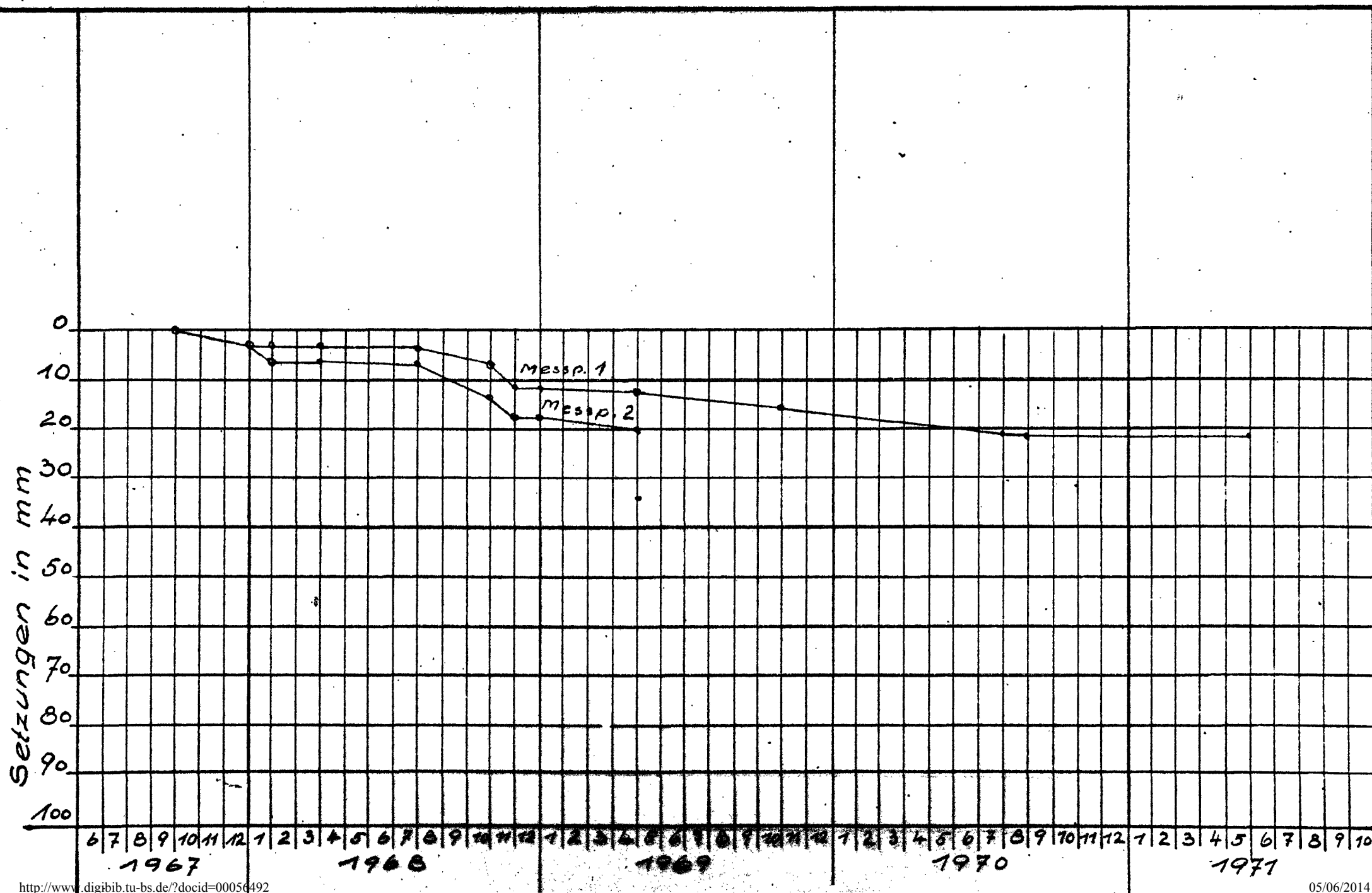


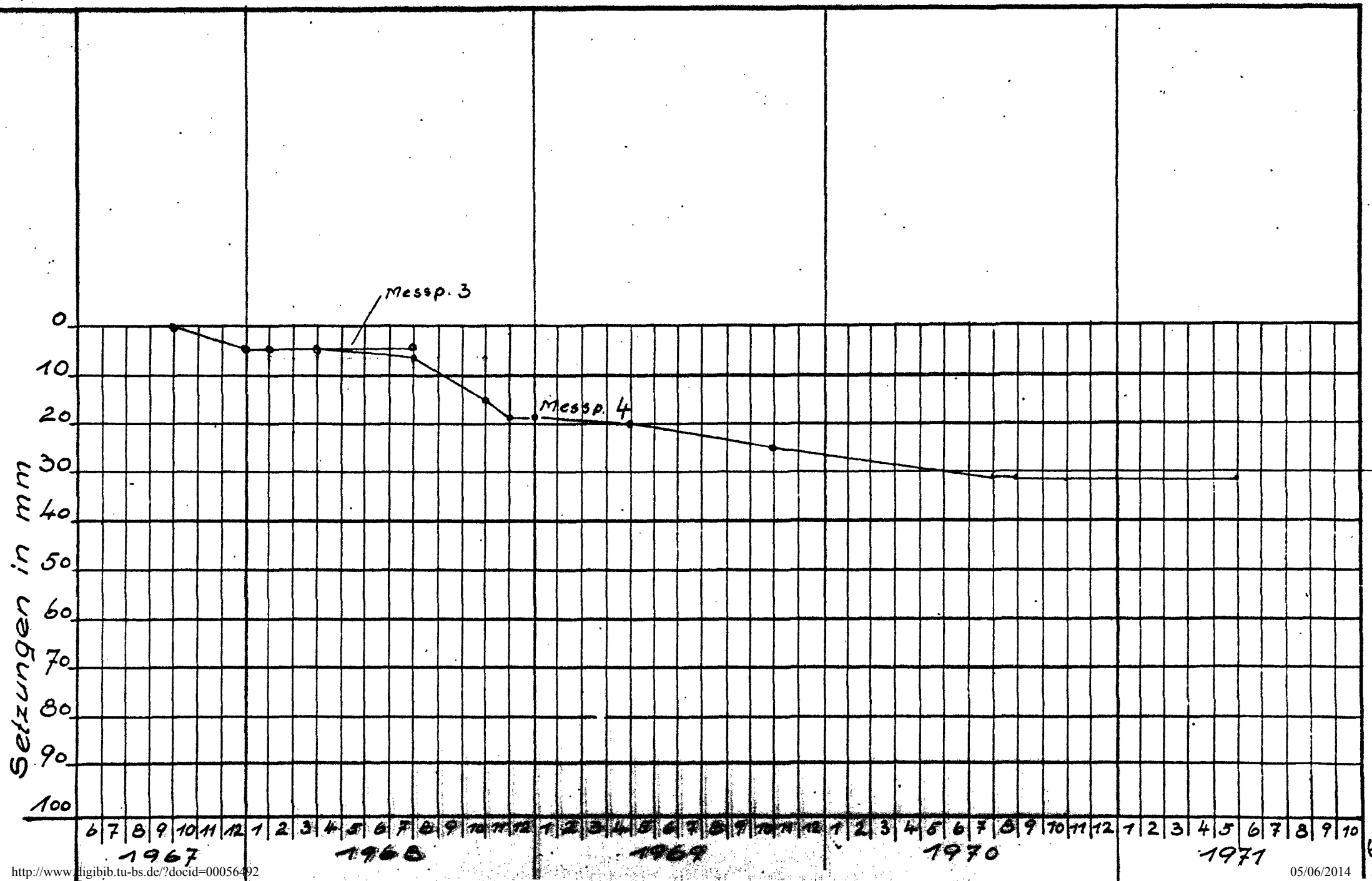
Messpunkt			13			14			15			16			17			18		
Nr.	Datum	Bauzustand	Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm	
5			194.081	—	—	194.066	—	—	071	—	—	091	—	—	012	—	—	016	—	—
6		Eingangsw.	075	6	6	060	6	6	066	5	5	086	5	5	007	5	5	011	5	5
7		"	074	1	7	059	1	7	064	2	7	086	0	5	005	2	7	011	0	5
8		"	074	0	7	060	+1	6	064	0	7	087	+1	4	005	0	7	012	+1	4
9		"	073	1	8	059	1	7	064	0	7	085	2	6	005	0	7	012	0	4
10		Verkehrsl.	064	9	17	—	—	7	—	—	7	—	—	6	—	—	7	—	—	4
11		"	064	0	17	047	12	19	057	7	14	078	7	13	193.999	6	13	006	6	10
12		"	064	0	17	047	0	19	057	0	14	078	0	13	999	0	13	006	0	10
13		"	061	3	20	045	2	21	055	2	16	077	1	14	997	2	15	004	2	12
14	13/10.69	"	061	0	20	045	0	21	053	2	18	Mp. beschädigt			995	2	17	Mp. beschädigt		
15	15/9.70	vor Freigabe	194.058	3	23	194.042	3	24	194.049	4	22	194.009	—	—	193.992	3	20	193.996	—	—
16	23/8.70	unter Verk.	194.057	1	24	194.042	0	24	194.049	0	22	194.008	1	15	193.992	0	20	193.996	0	12
17	19/5.71	"	194.057	0	24	194.041	1	25	194.049	0	22	194.007	1	16	193.992	0	20	193.996	0	12

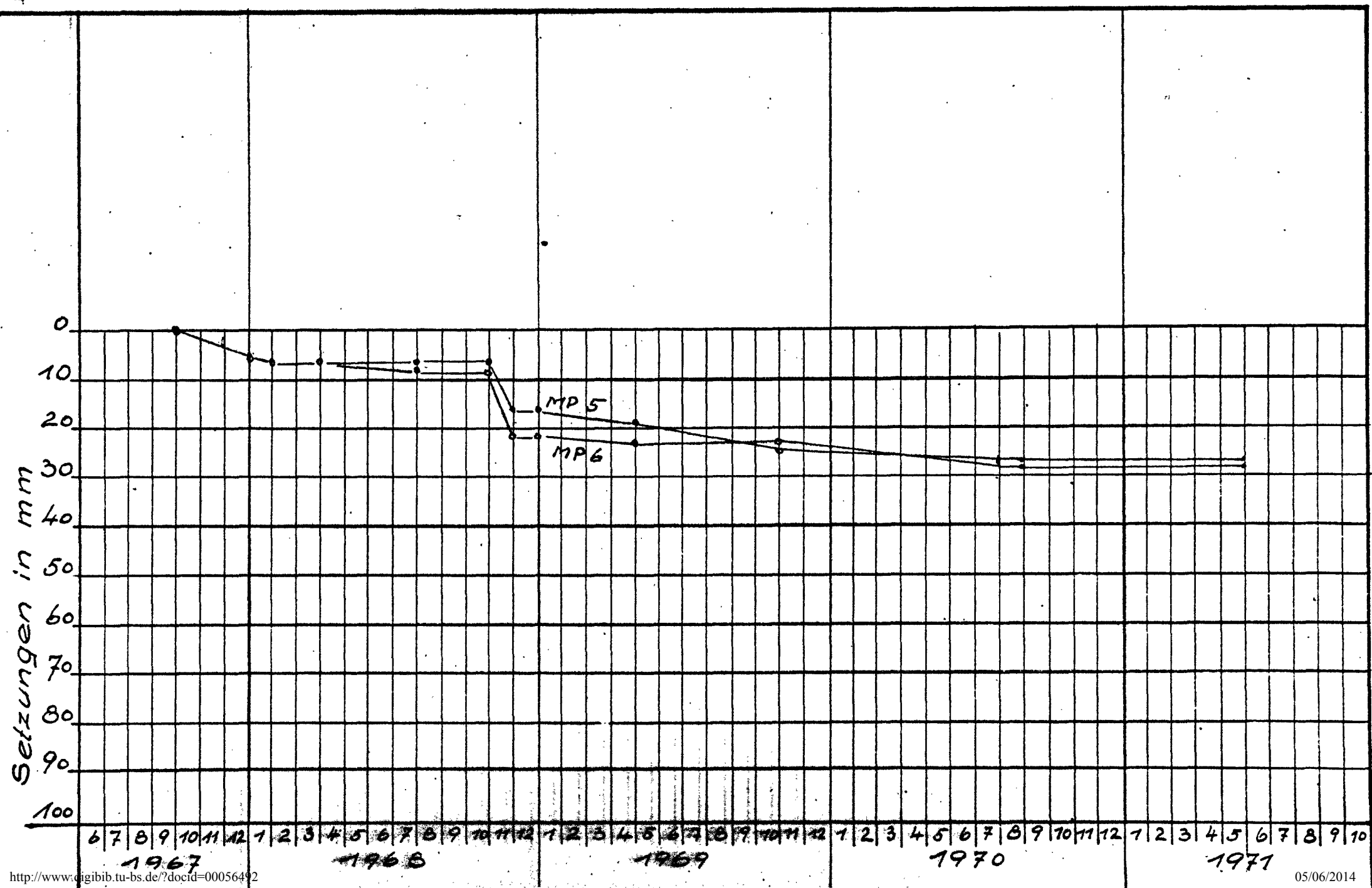
Messpunkt			19			20			21			22			23			24		
Nr.	Datum	Bauzustand	Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm	
5			194.039	-	-	194.081	-	-	194.662	-	-	194.659	-	-	194.675	-	-	194.661	-	-
6			033	6	6	076	5	5	661	1	1	658	1	1	674	1	1	661	0	0
7			033	0	6	076	0	5	661	0	1	658	0	1	674	0	1	661	0	0
8			033	0	6	076	0	5	661	0	1	658	0	1	673	+1	0	662	+1	+1
9			031	2	8	076	0	5	661	0	1	657	1	2	673	2	2	660	2	1
10			-	-	8	-	-	5	646	15	16	644	13	15	656	17	19	644	16	17
11			027	4	12	071	5	10	646	0	16	641	3	18	656	0	19	644	0	17
12			027	0	12	070	1	11	645	1	17	640	1	19	655	1	20	644	0	17
13			024	3	15	-	-	11	644	1	18	640	0	19	653	0	20	642	2	19
14	19.6.79	Vklst.	022	2	17	067	3	14	643	1	19	636	4	23	652	3	23	MphA beschädigt		
15	15.7.79	vor Freigabe	194.019	3	20	194.060	7	20	194.638	5	24	194.631	5	28	194.646	6	29	194.700	-	-
16	27.8.79	unter Verkehr	194.018	1	21	194.060	0	20	194.637	7	25	194.630	1	29	194.644	2	31	194.678	2	21
17	19.5.71	"	194.018	0	21	194.059	1	21	194.637	0	25	194.630	0	29	194.644	0	31	194.678	0	21

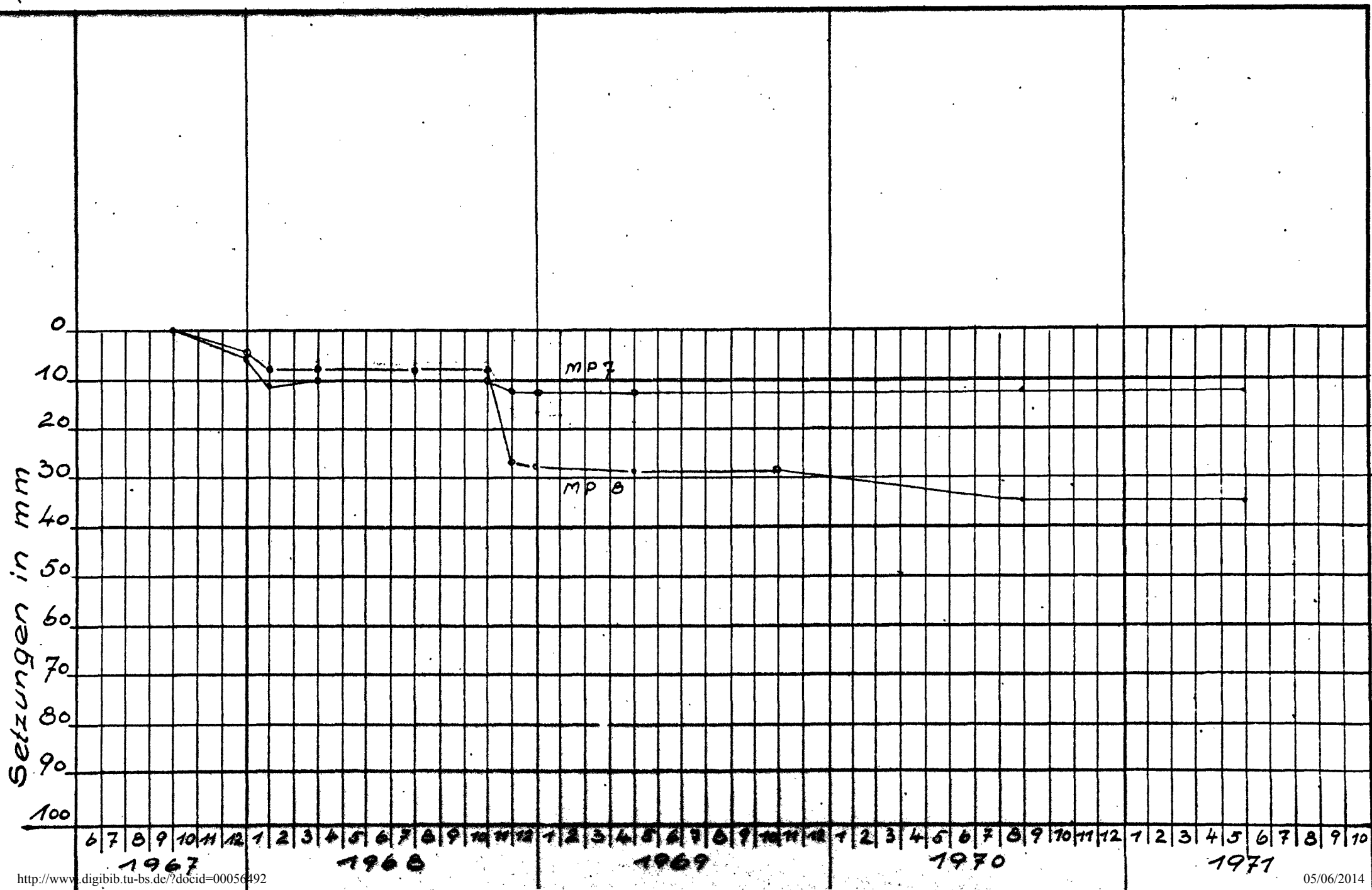
Messpunkt			25			26			27			28			29			30		
Nr.	Datum	Bauzustand	Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm	
5			-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	195,245	-	-	195,107	-	-
6			200,171	-	-	200,448	-	-	200,192	0	0	200,661	0	0	-	-	-	-	-	-
7			171	0	0	448	0	0	192	0	0	660	1	1	242	3	3	195,104	3	3
8			171	0	0	447	1	1	193	+1	+1	661	+1	0	241	1	4	103	1	4
9			169	2	2	445	2	3	190	3	2	658	3	3	240	1	5	103	0	4
10			153	16	18	428	17	20	-	-	-	640	18	21	229	11	16	094	9	13
11			153	0	18	426	2	22	-	-	-	640	0	21	229	0	16	094	0	13
12			153	0	18	426	0	22	-	-	-	639	1	22	229	0	16	0,94	0	13
13			151	2	20	424	2	24	-	-	-	639	0	22	226	3	19	092	2	15
14	15/10.69		Messbohlen müssen						erst wieder freigelegt werden						226	0	19	092	0	15
15	15/4.70		Messbohlen sind			zugepf/astock									195,222	4	23	195,083	4	19
16	27/3.70	unter Verk.	"			"			"			"			195,221	1	24	195,087	1	20
17	19/5.71	"	"			"			"			"			195,221	0	24	195,087	0	20

Messpunkt			31			32											
Nr.	Datum	Bauzustand	Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm		Höhe ü. NN	Setzung seit der letzten/ersten Messung in mm	
5			194,884	-	-	194,962	-	-									
6		E. gef. bel.	-	-	-	-	-	-									
7			882	2	2	959	3	3									
8			882	0	2	959	0	3									
9			880	2	4	958	1	4									
10		Verkehrsl.	874	6	10	949	9	13									
11		"	874	0	10	950	11	12									
12		"	873	1	11	949	1	13									
13		"	870	3	14	947	2	15									
14	19/10.89	"	868	2	16	945	2	17									
15	15/2.70	vor Freigabe	194,864	4	20	194,942	3	20									
16	27/8.70	unt. Verk.	194,864	0	20	194,941	1	21									
17	19/5.71	"	194,864	0	20	194,941	0	21									

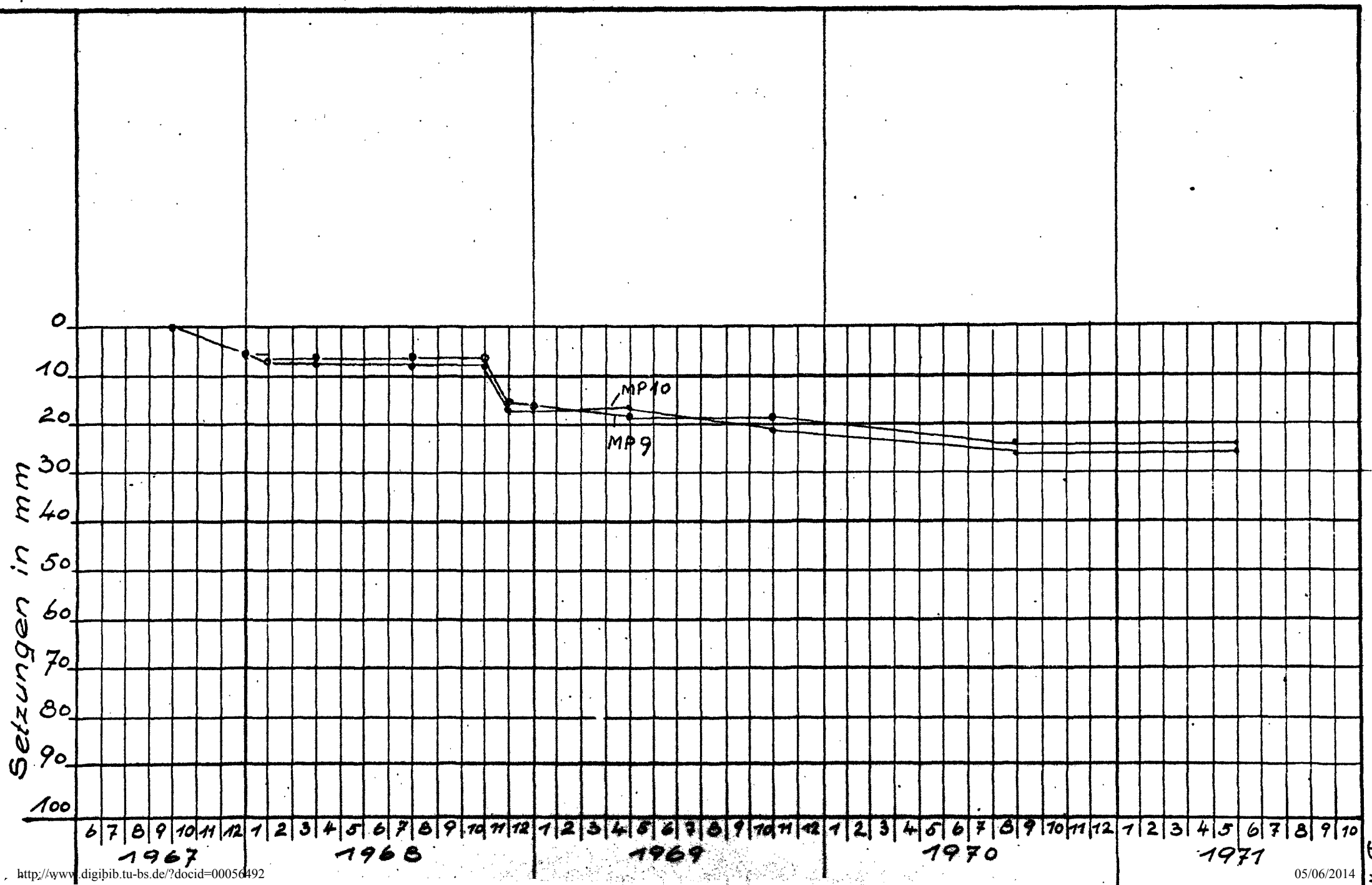


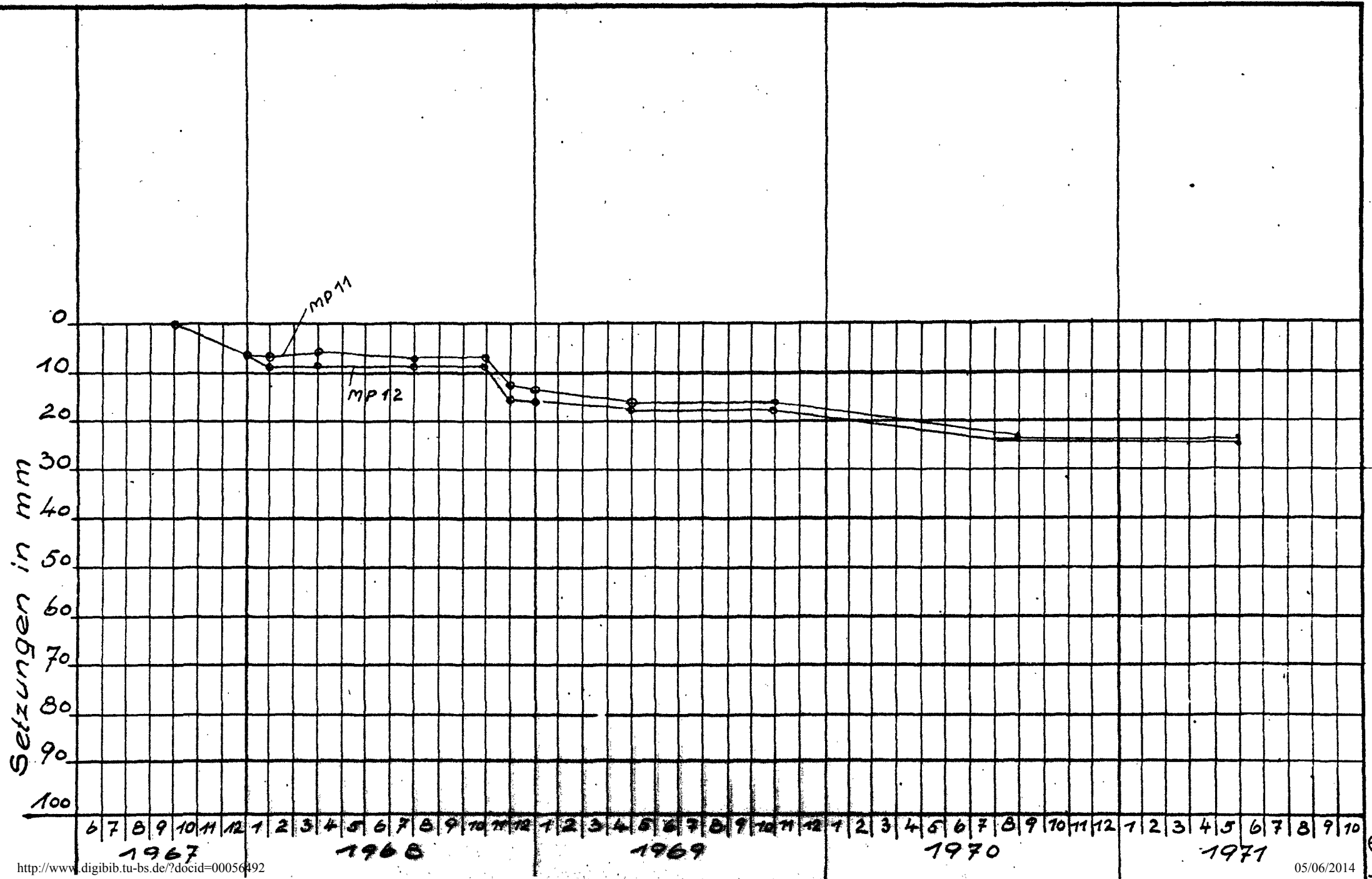


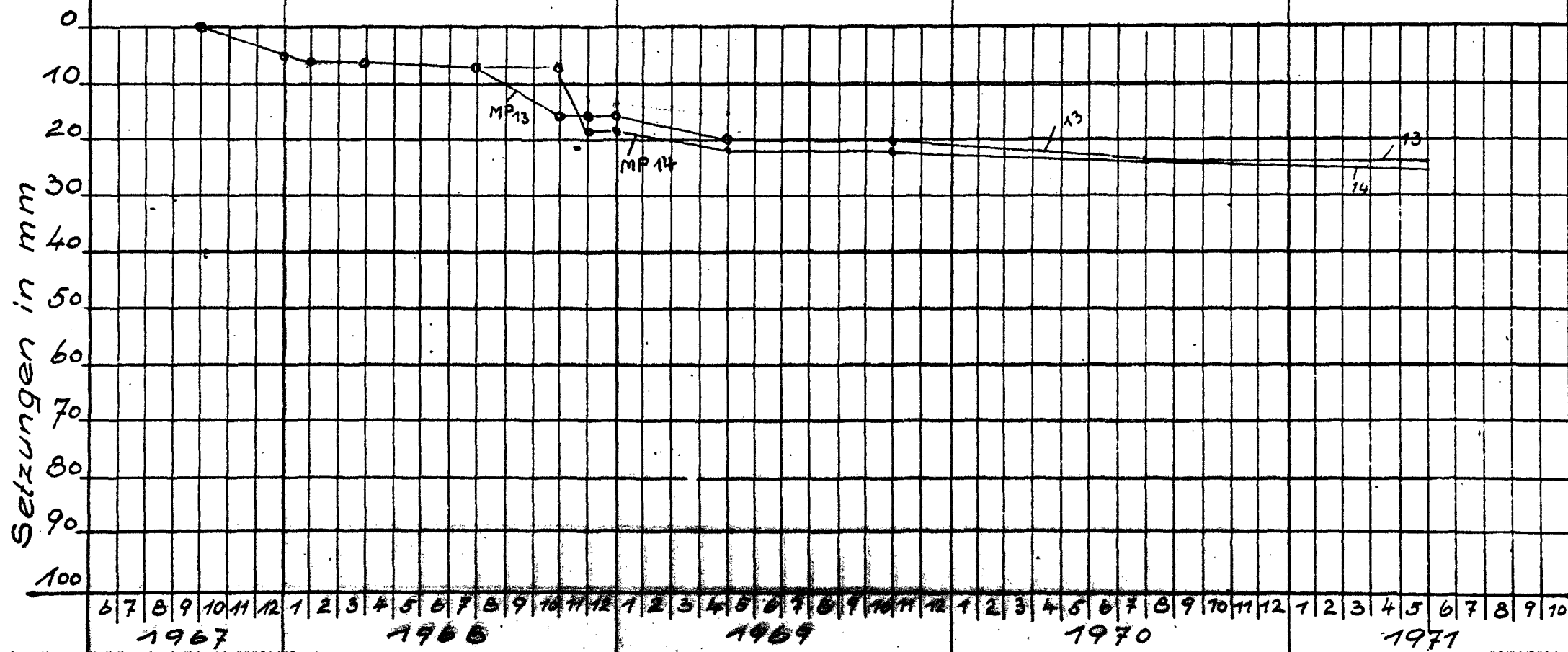


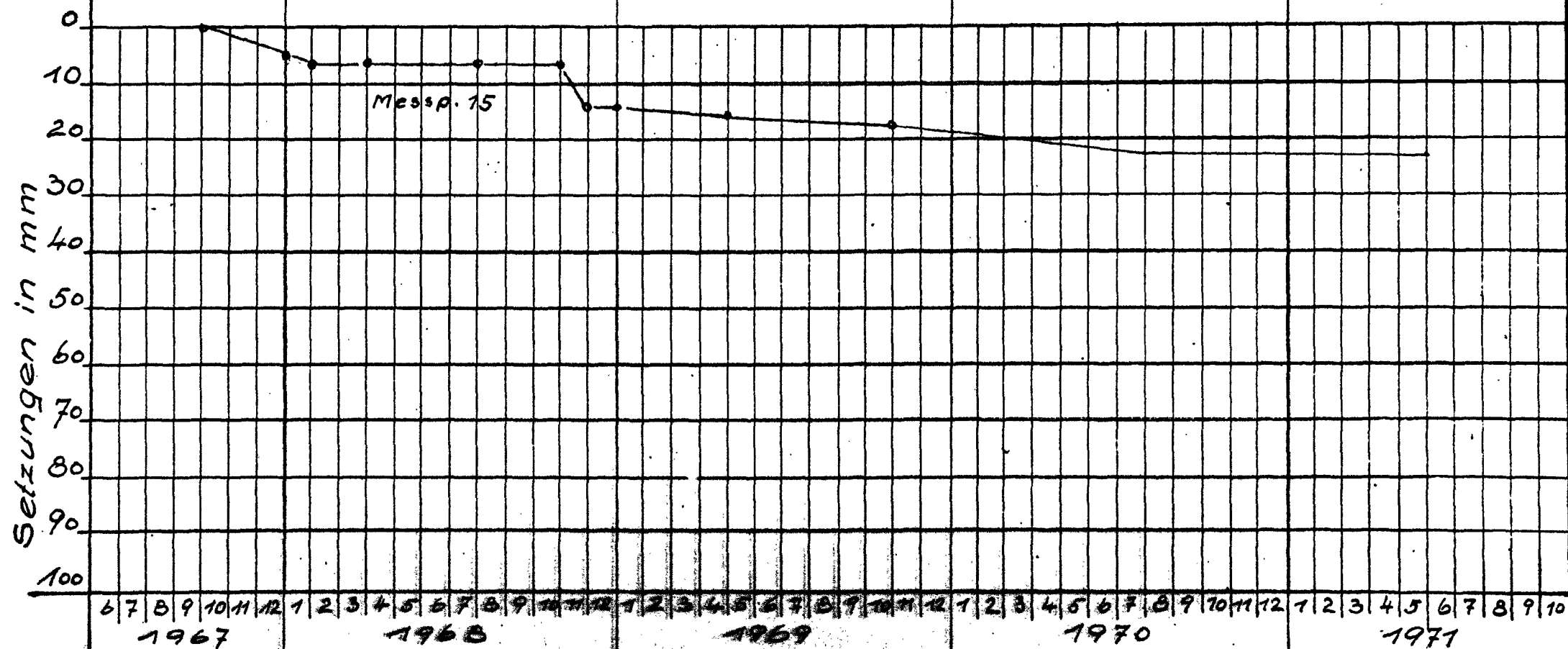


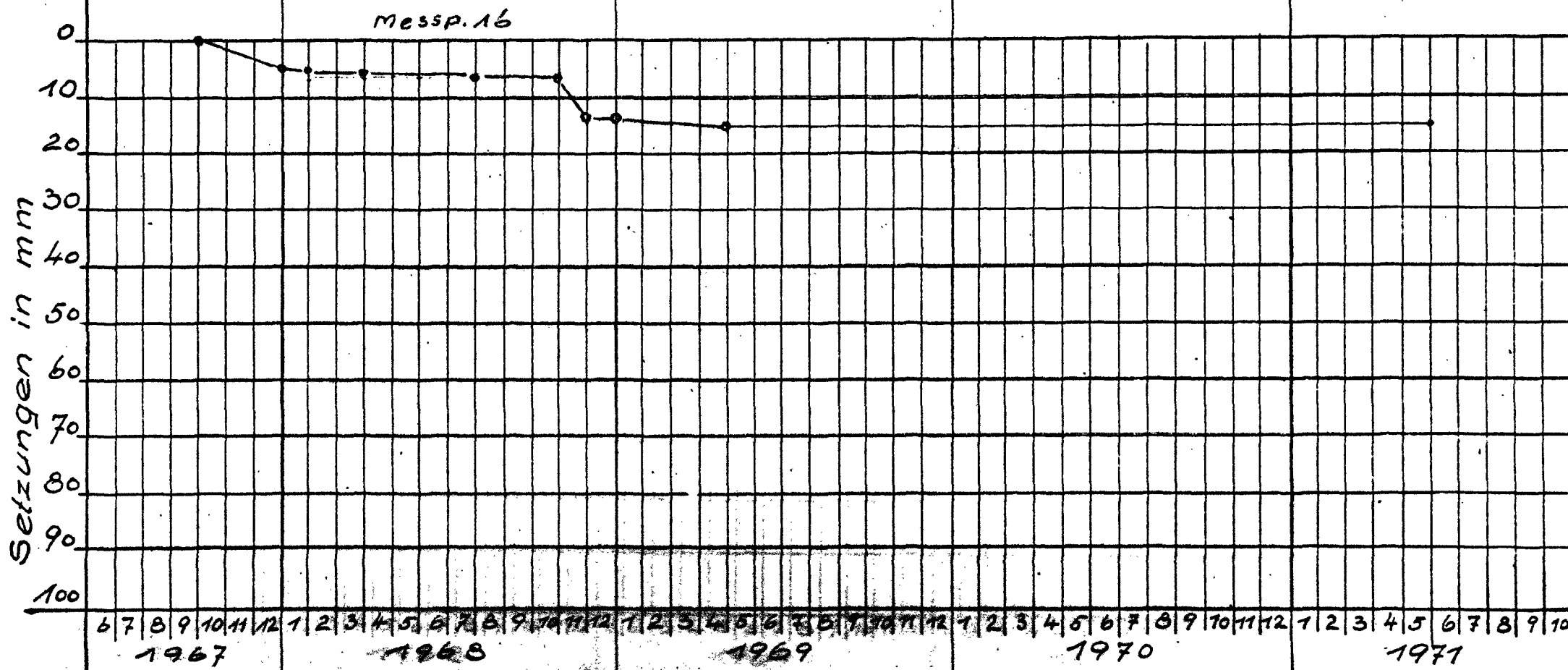


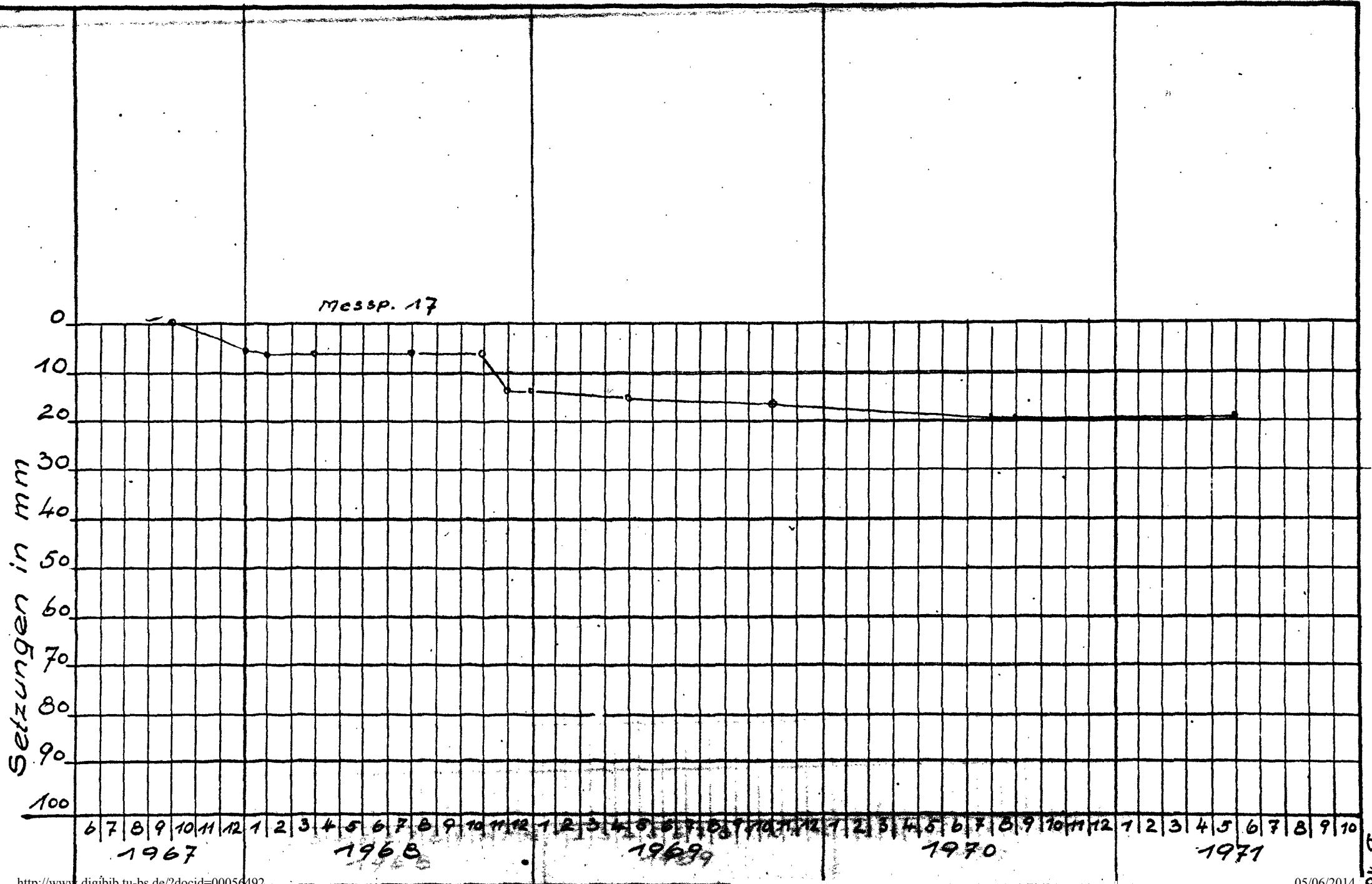


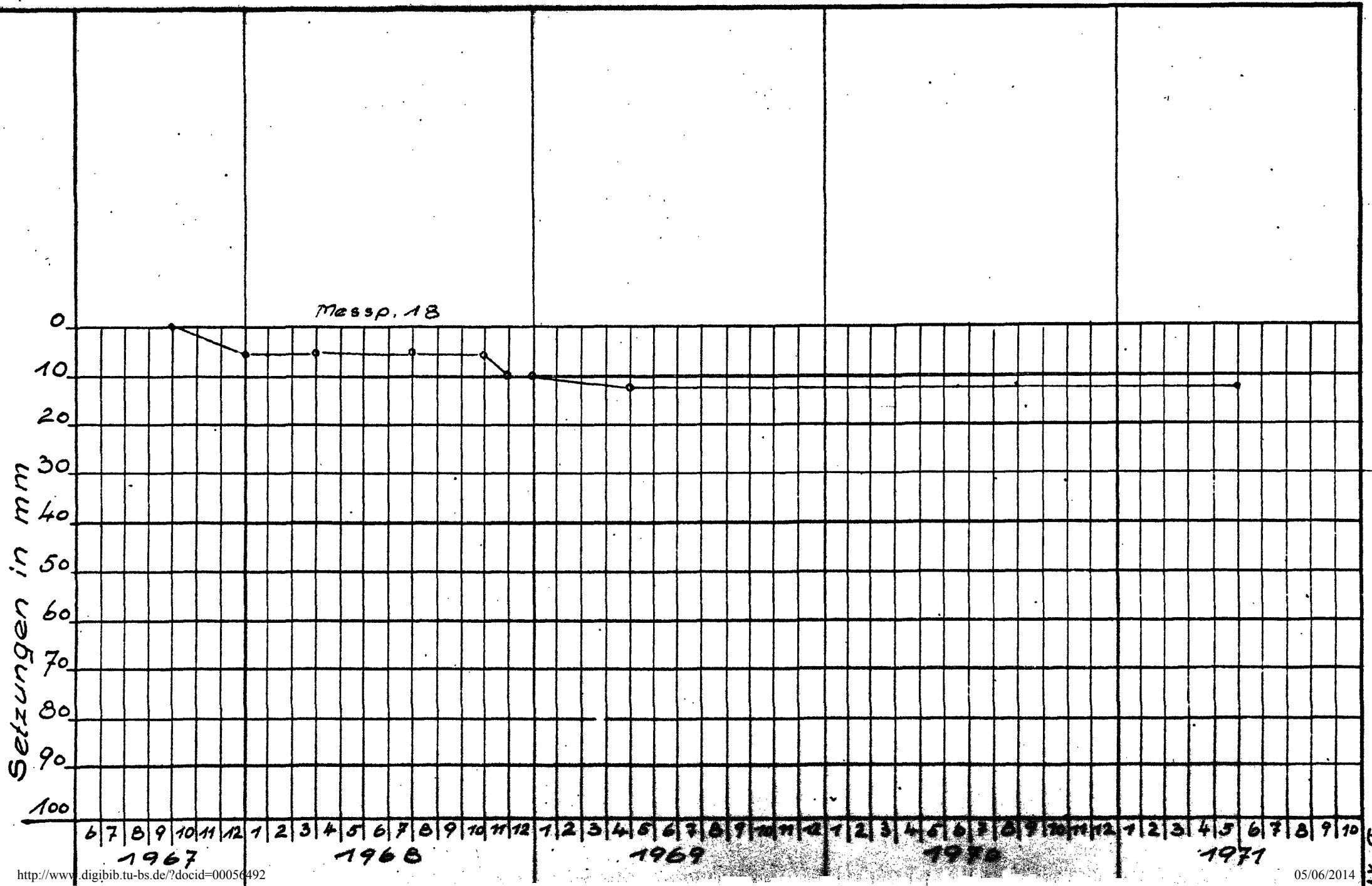


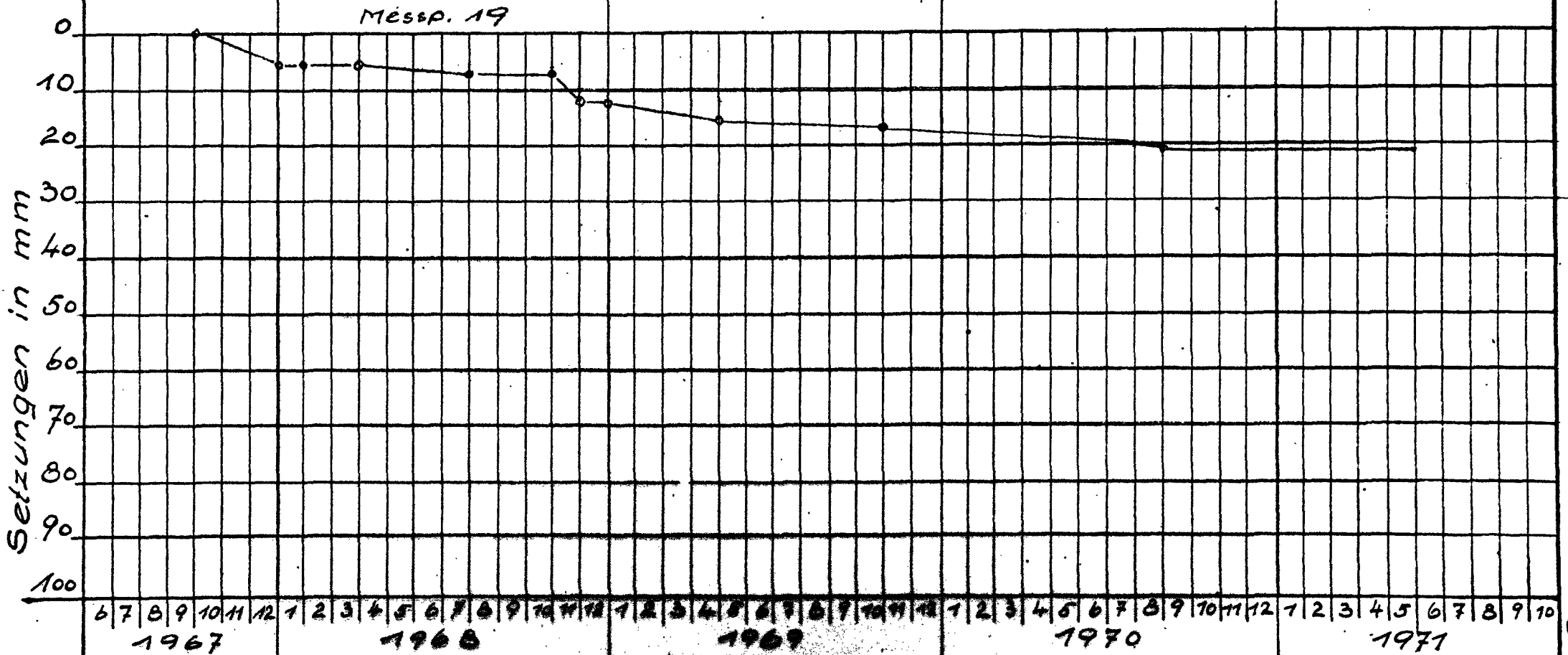




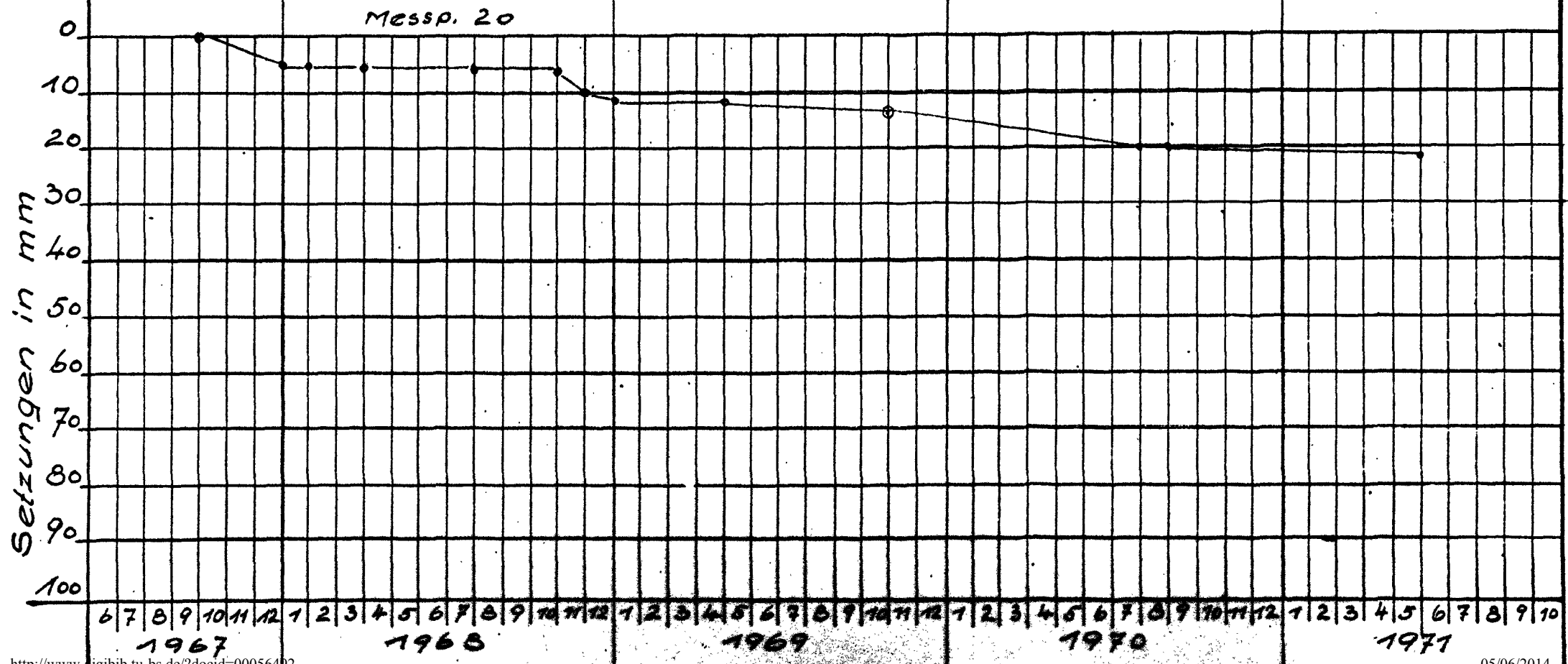


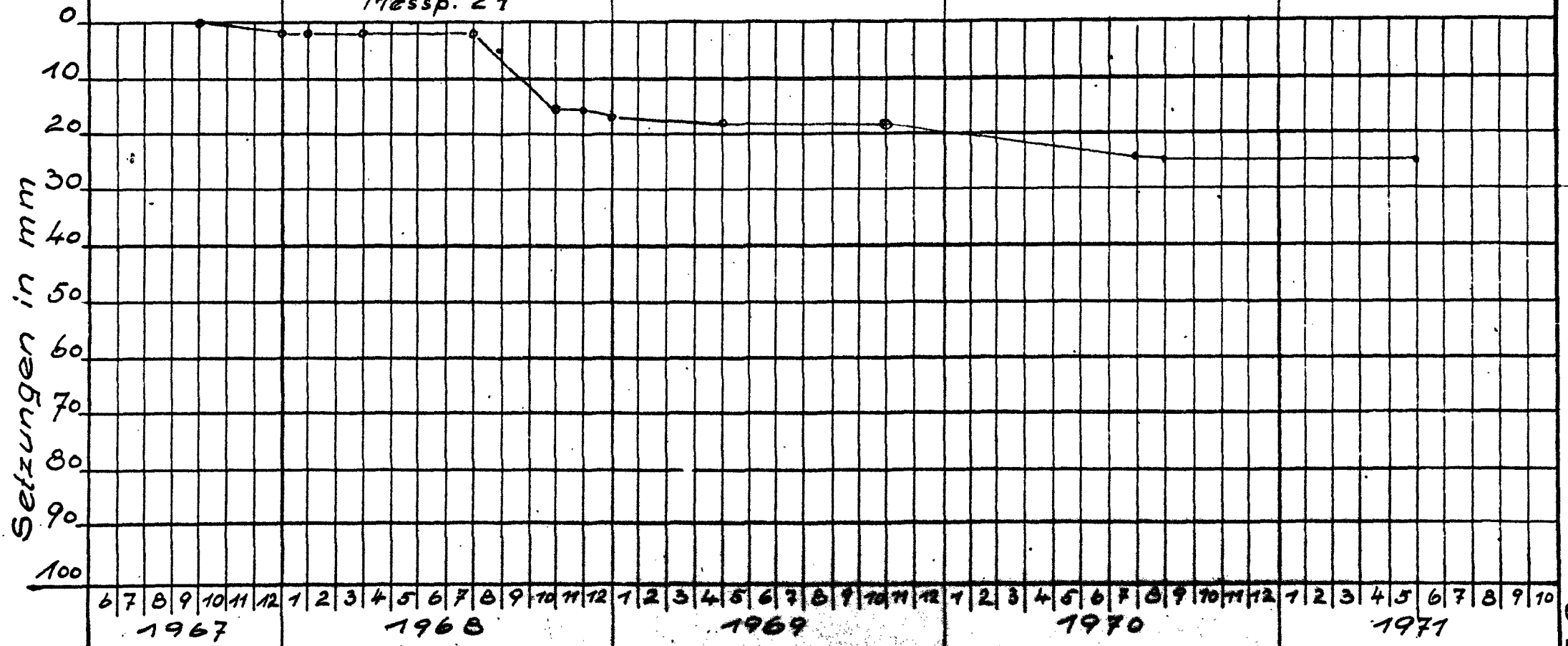


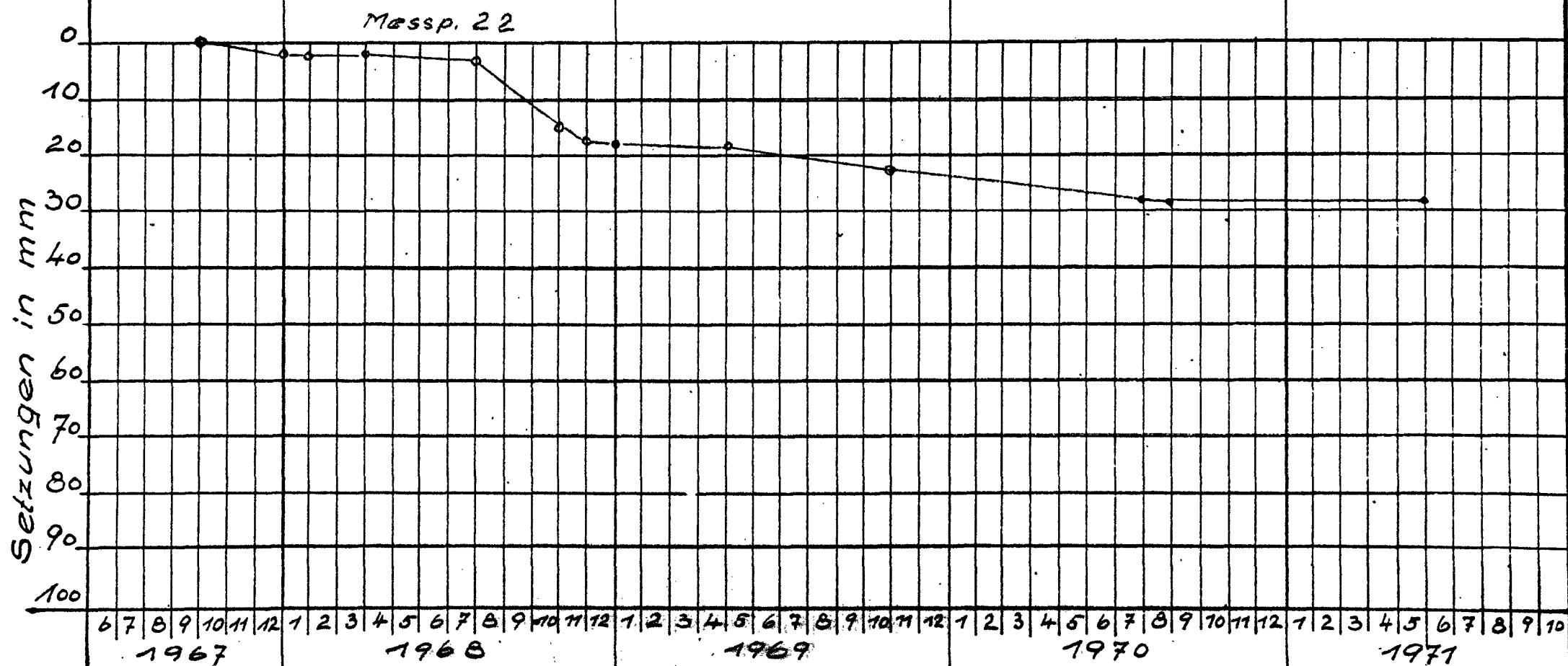


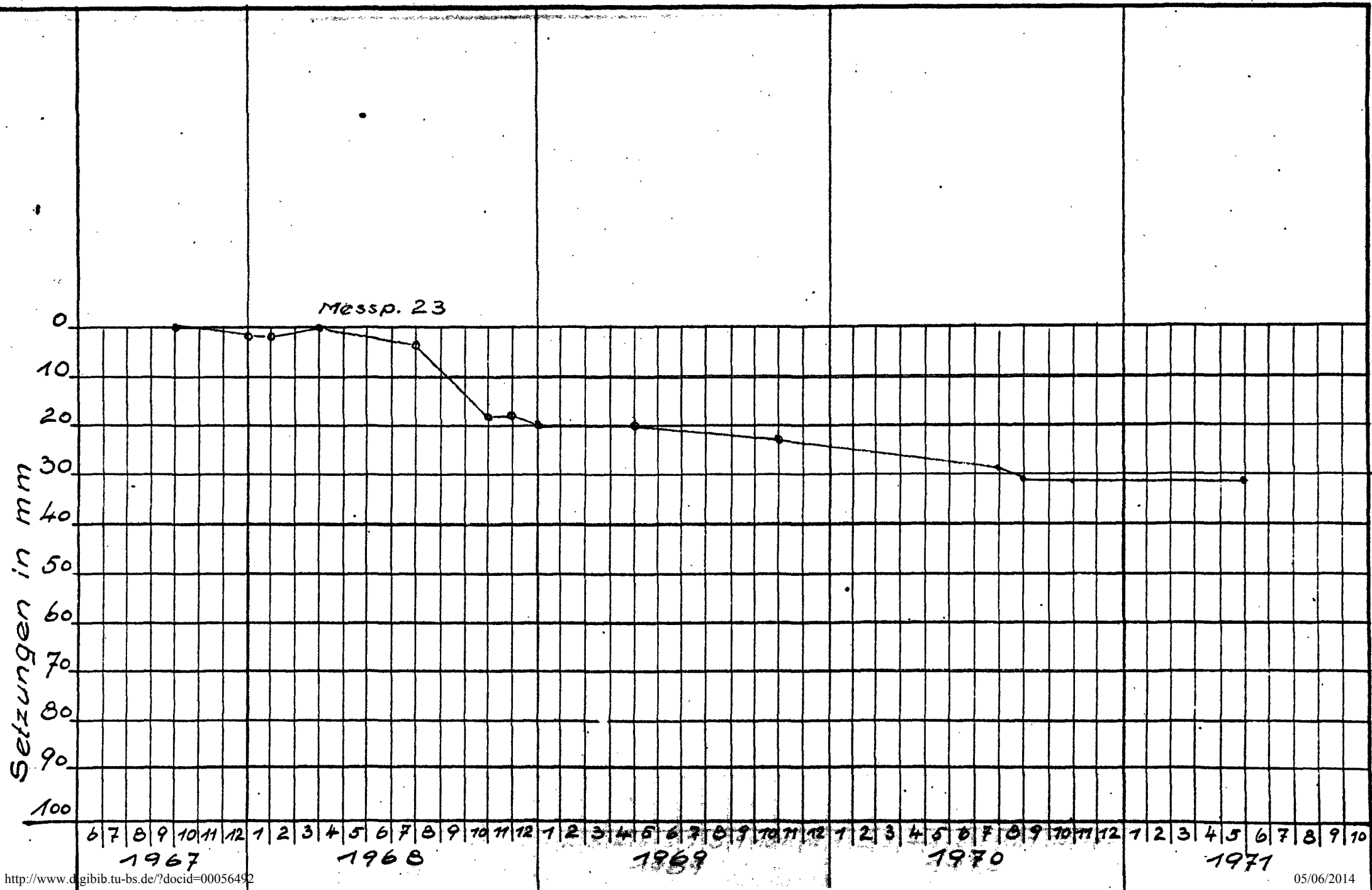


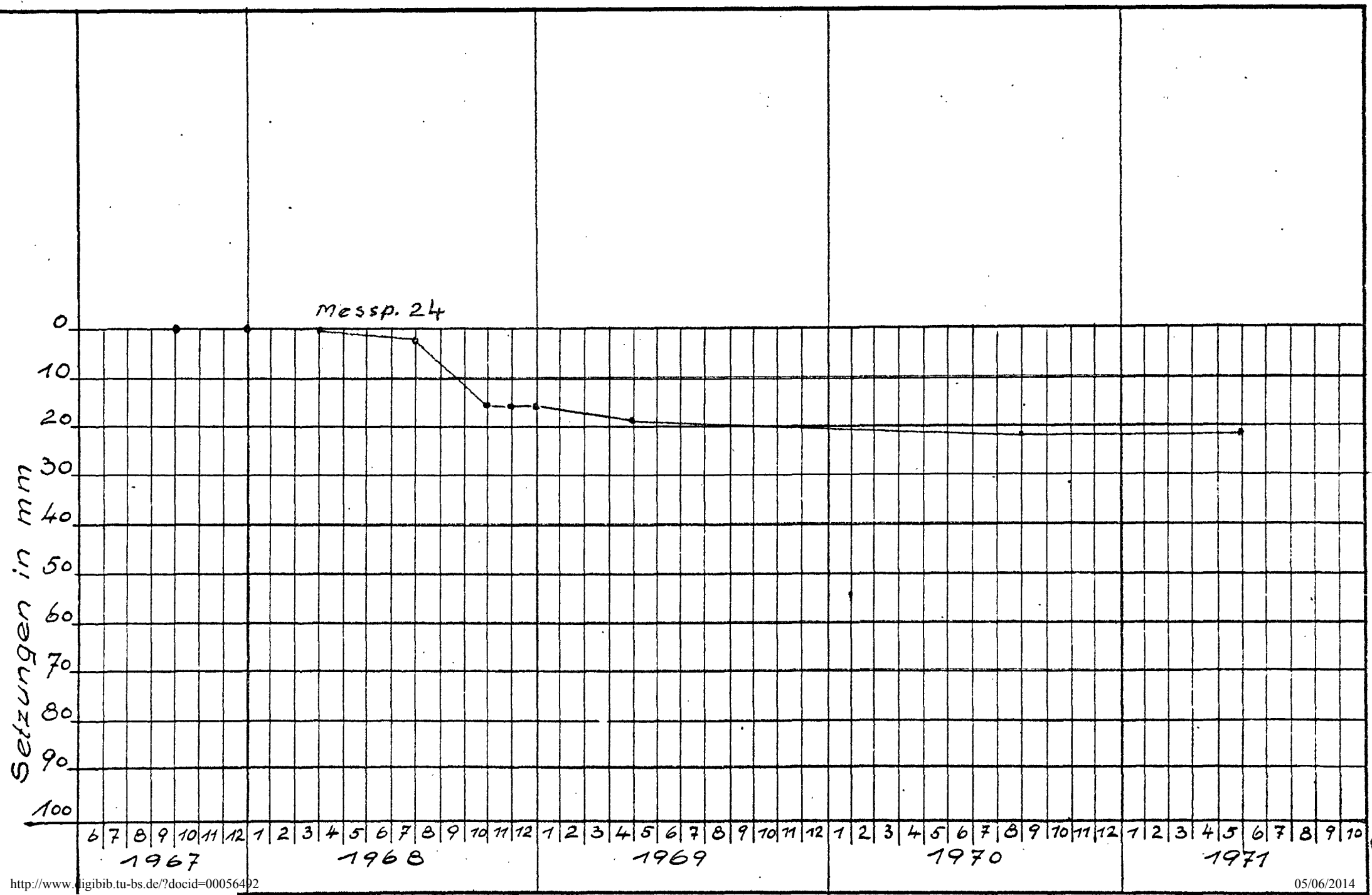






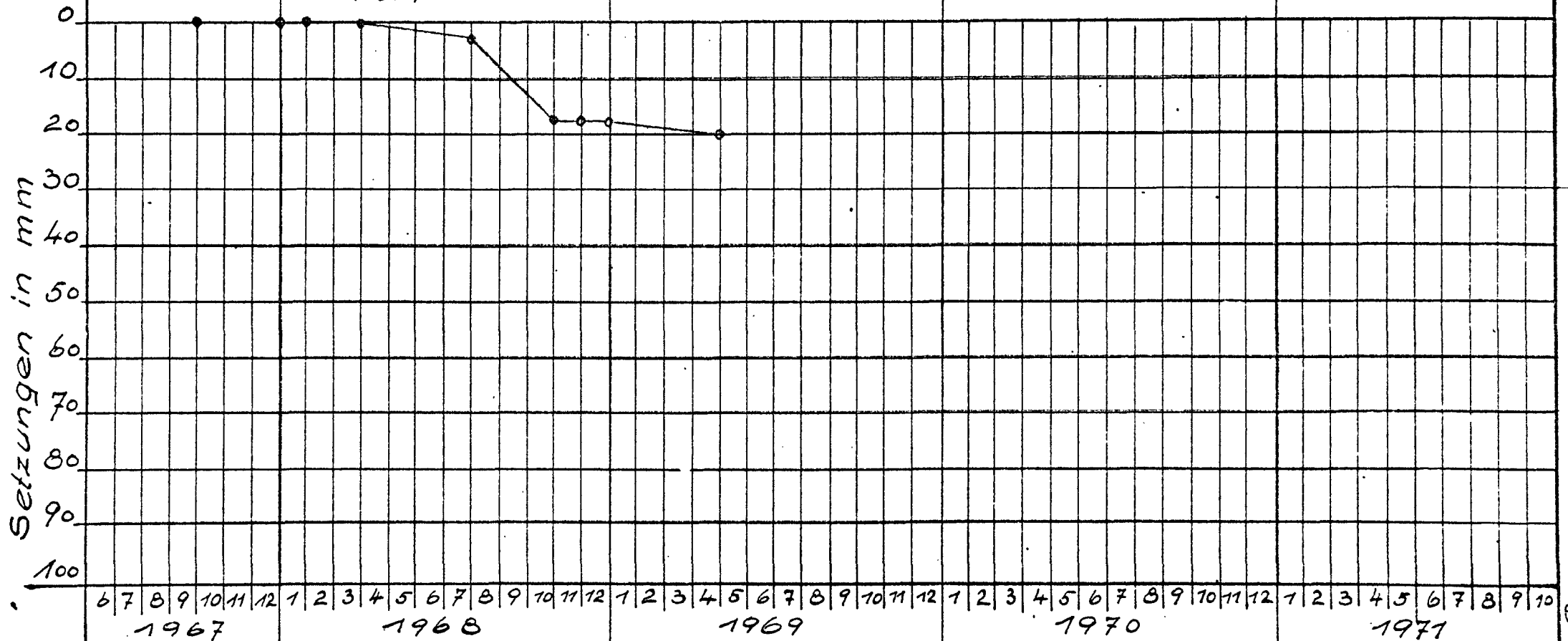






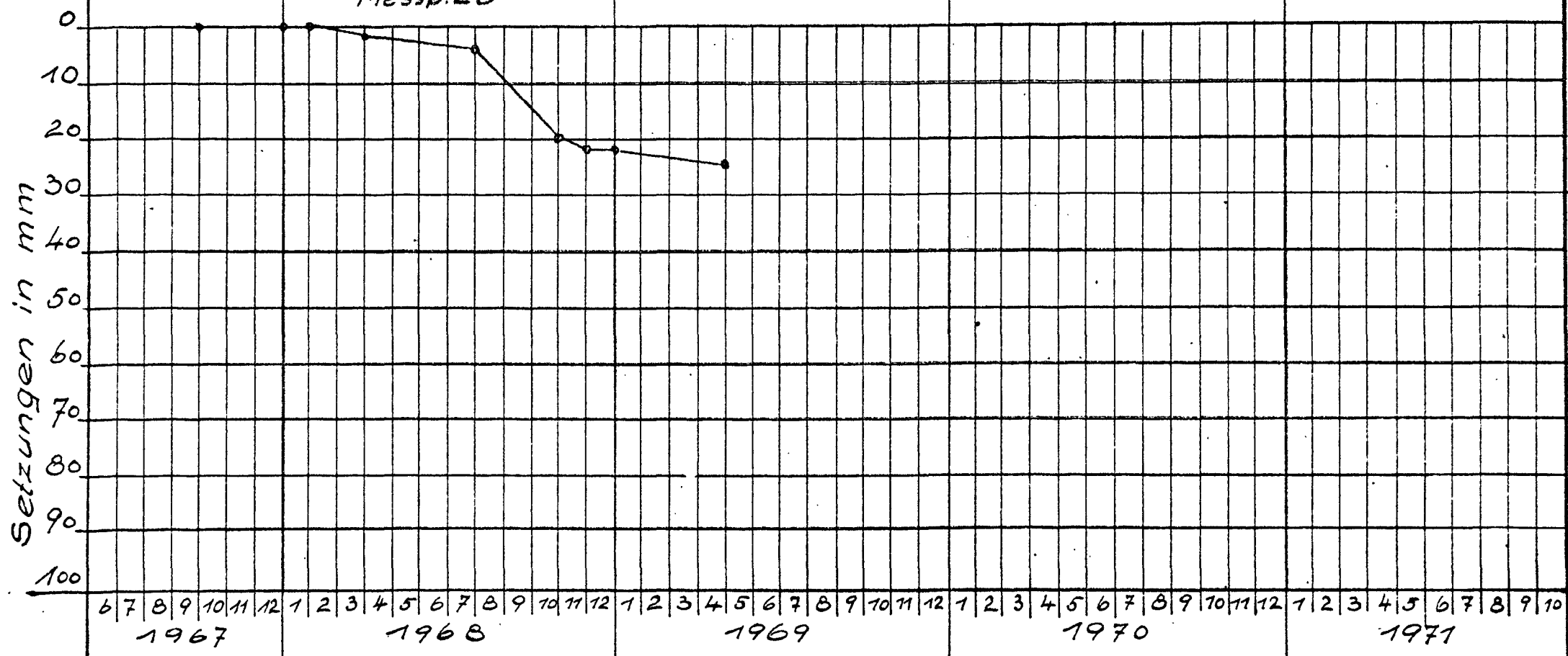
Höhenpunkt nicht  
mehr messbar. 27/8.70

Messp. 25



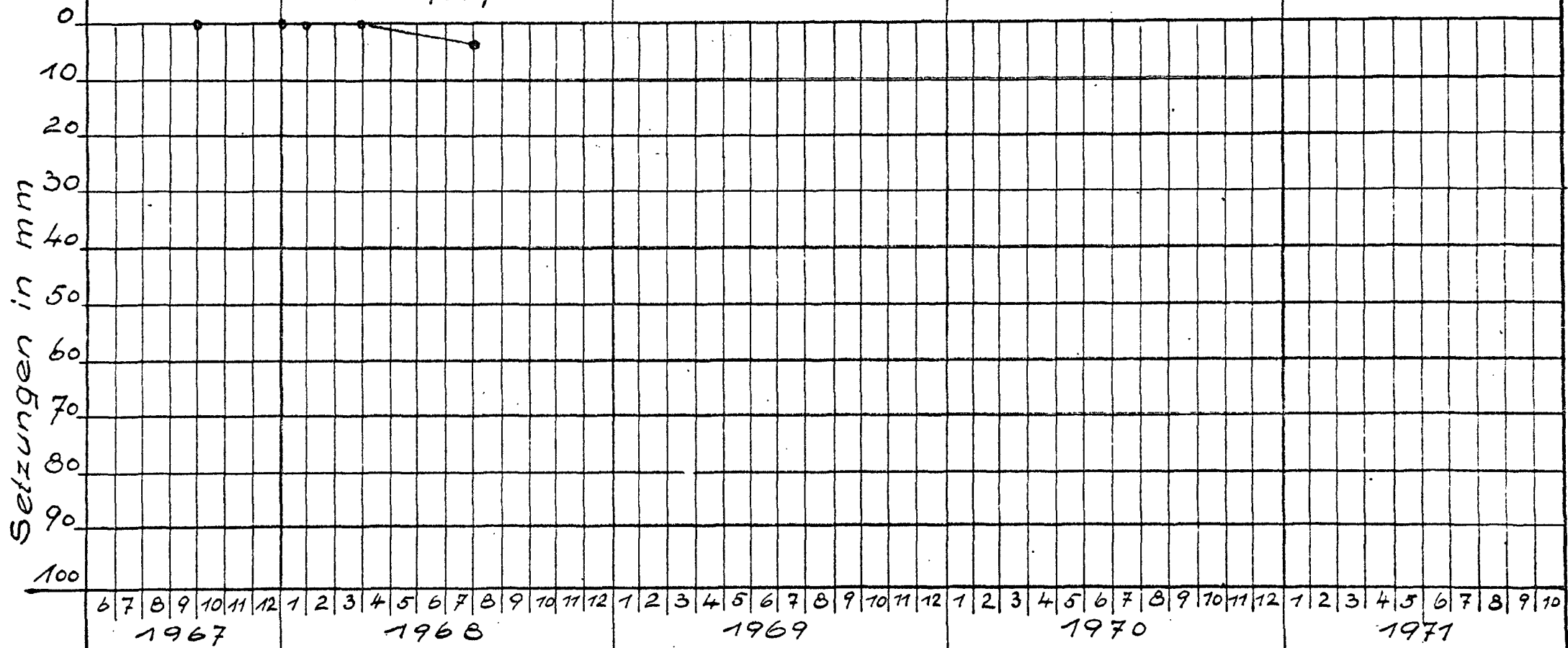
Höhenpunkt nicht  
mehr messbar.  
27.8.68

Messp. 26



Höhenpunkt nicht  
mehr messbar.  
27. 8./90.

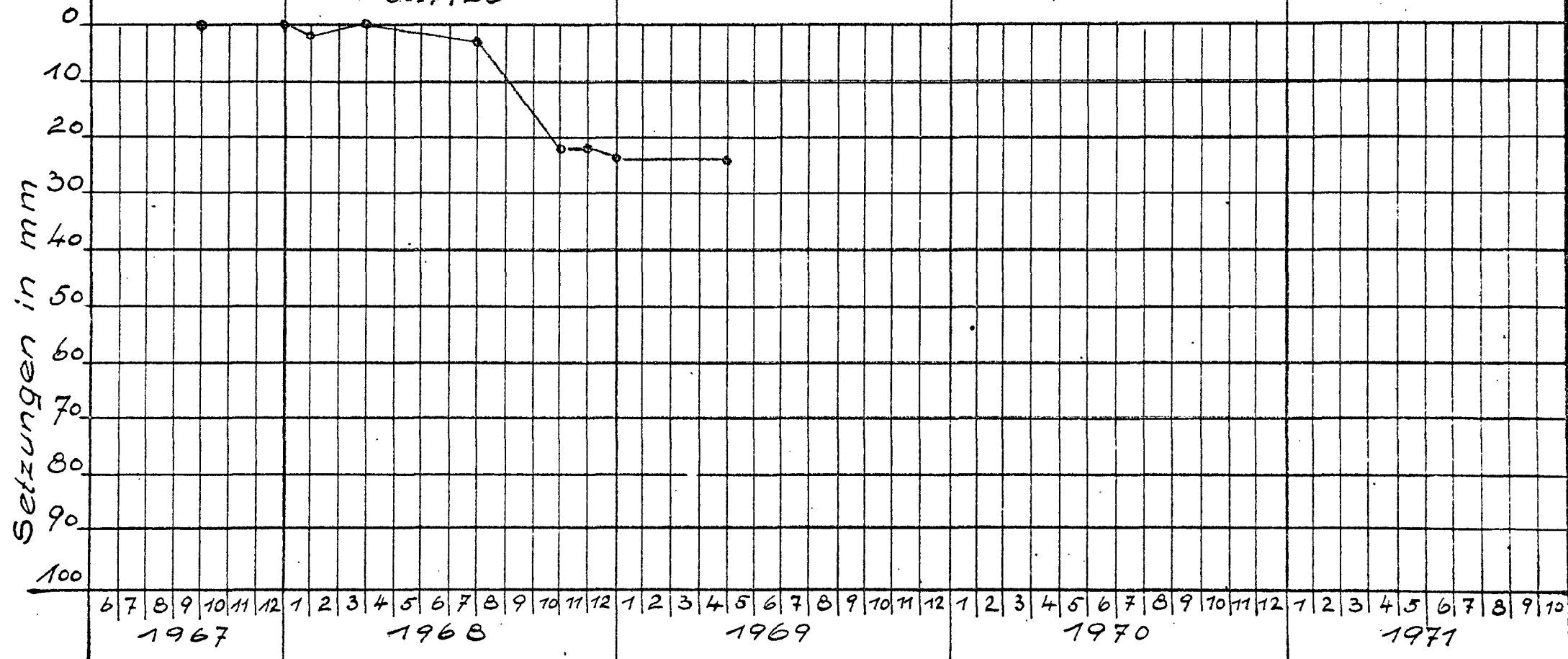
Messp. 27



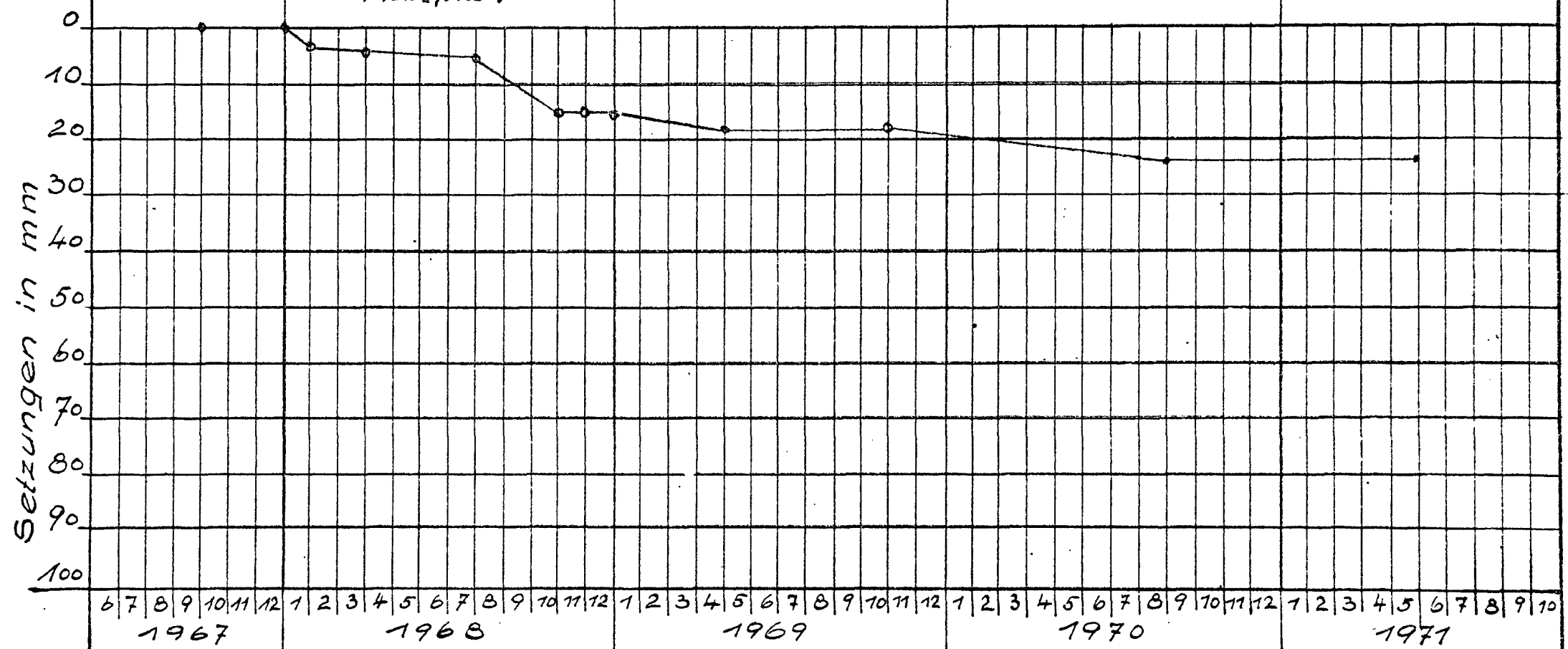


Höhenpht. nicht  
mehr messbar.  
27/10.70

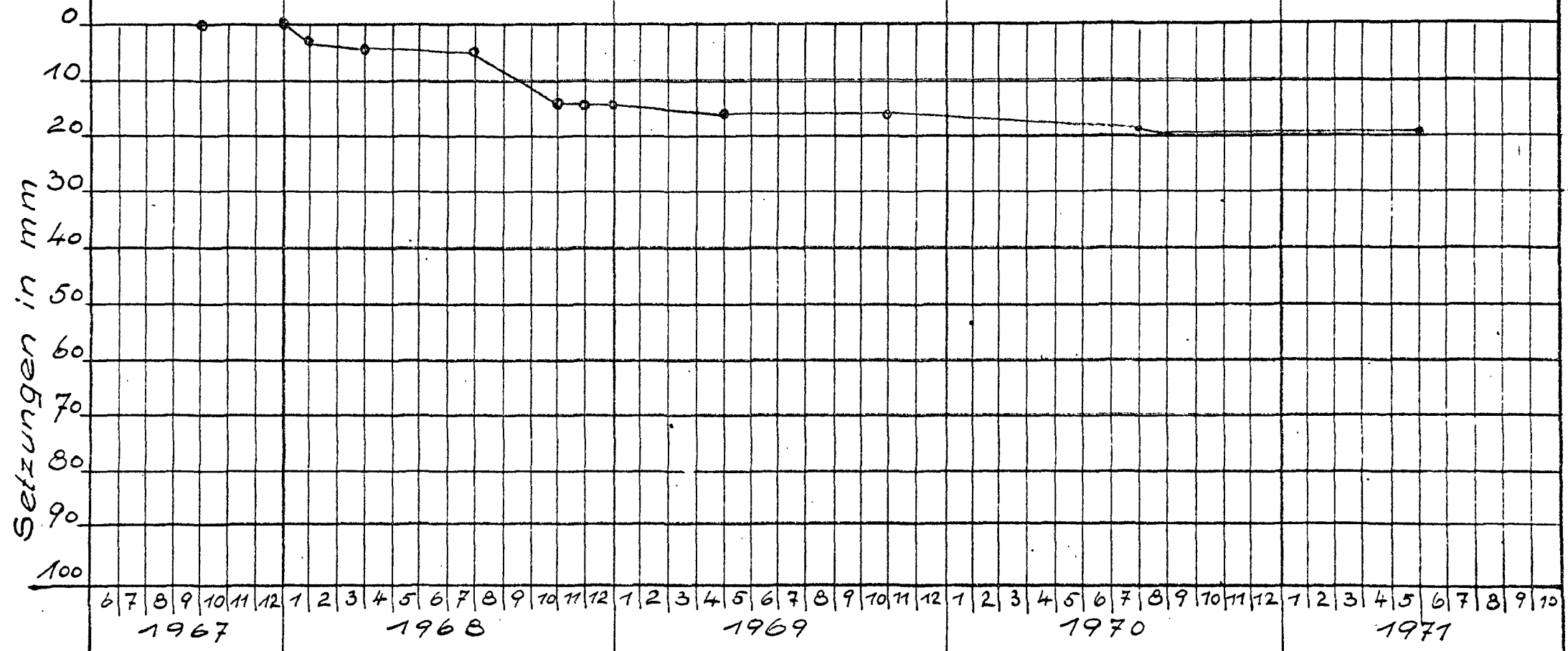
Messp. 28



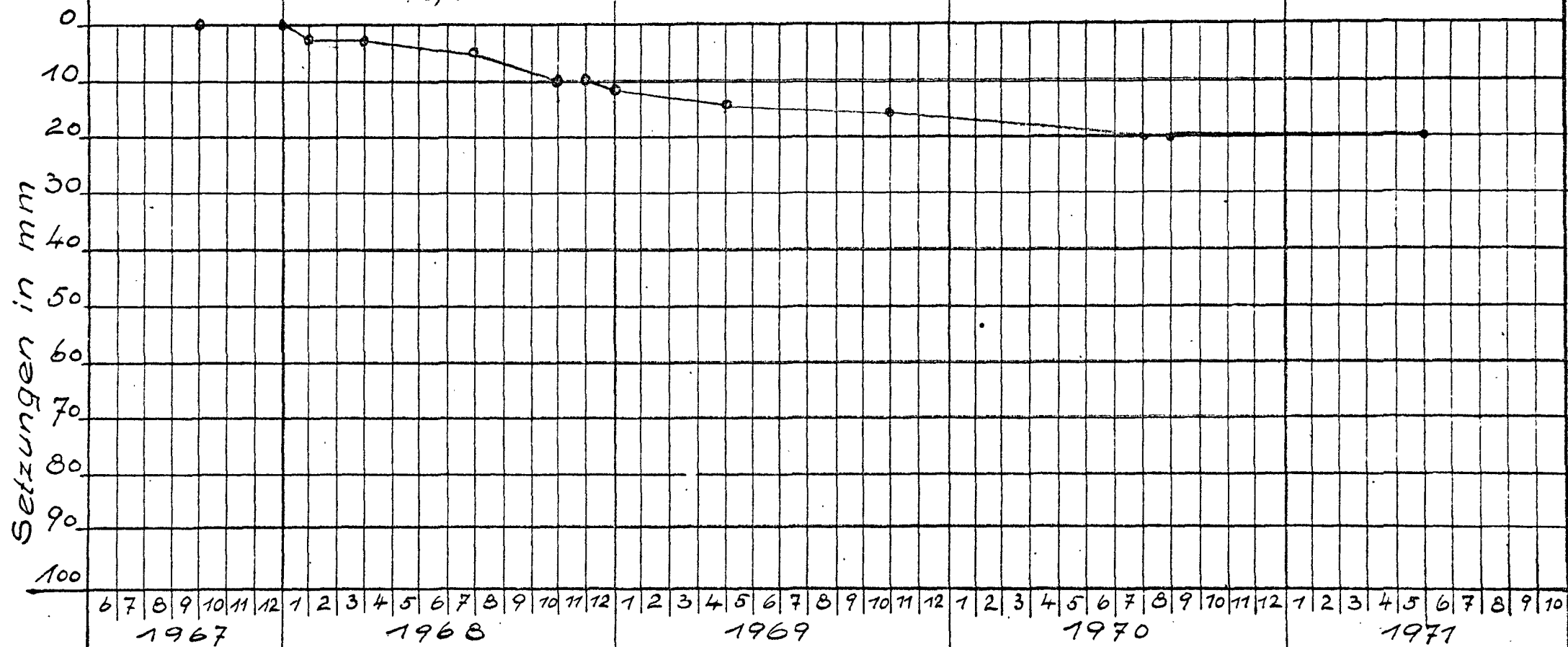
messp. 29



Messp. 30



Messp. 31



Messp. 32

